

RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNGEN
ZUR WANDSTÄNDIGKEIT UND DICHT
RÖNTGENOLOGISCH KONTROLLIERTER,
ERSTARRENDER WURZELFÜLLUNGSMATERIALIEN
AN EXTRAHIERTEN, MENSCHLICHEN ZÄHNEN

Bernhard Georg Auchter

1982
—

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 2014774



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549008_0015

Aus der Abteilung für zahnärztliche Röntgenologie
(Leiter: Prof.Dr.Dr. H.H. Grasser)
der Klinik für
Zahn -, Mund - und Kieferkrankheiten
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. E. Kraft)

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur
Wandständigkeit und Dichte röntgenologisch kontrol-
lierter, erstarrender Wurzelfüllungsmaterialien an
extrahierten, menschlichen Zähnen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Bernhard Georg Auchter

aus

Ravensburg-Weissenau

Jahr

1982

Mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin der Universität
München

Berichterstatter: Prof.Dr.Dr. H.H. Grasser

Mitberichterstatter: Prof.Dr.E.Sonnabend

Dekan: Prof.Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 14.1.1982



Verzeichnis der Werke

1.	Einleitung	1
2.	Die Geschichte der Kunst	2
3.	Die Kunst der Griechen	3
4.	Die Kunst der Römer	4
5.	Die Kunst der Byzantiner	5
6.	Die Kunst der Araber	6
7.	Die Kunst der Perser	7
8.	Die Kunst der Indier	8
9.	Die Kunst der Chinesen	9
10.	Die Kunst der Japaner	10
11.	Die Kunst der Koreaner	11
12.	Die Kunst der Sinesen	12
13.	Die Kunst der Mongolen	13
14.	Die Kunst der Türken	14
15.	Die Kunst der Osmanen	15
16.	Die Kunst der Perser	16
17.	Die Kunst der Araber	17
18.	Die Kunst der Byzantiner	18
19.	Die Kunst der Römer	19
20.	Die Kunst der Griechen	20

meinen Eltern
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	1
2. Literaturübersicht	2
3. Material und Methode	10
3.1. Material	10
3.2. Methode	11
4. Ergebnisse	17
4.1. Diaket ^R	17
4.2. Gangraena-Merz ^R	23
4.3. N ₂ -Sargenti ^R	28
4.4. Endométhasone ^R	33
4.5. Harvard-Zement ^R	38
5. Diskussion der Ergebnisse	43
6. Zusammenfassung	50
7. Anhang	52
8. Literaturverzeichnis	69

1. Einführung

Die Wurzelkanalfüllung soll das mechanisch aufbereitete und somit konisch erweiterte, möglichst glattwandige und desinfizierte Lumen eines Zahnes wandständig und blasenfrei bis zum Foramen anatomicum ausfüllen. Der temporäre Erfolg der Keimfreiheit bzw. -armut wird dadurch in einen Dauererfolg umgewandelt (21). Hinsichtlich der Aufbereitungsmethodik, der anzustrebenden Höhe der Aufbereitung (14,30), sowie der Art des Wurzelfüllmaterials (21) existiert eine umfangreiche Literatur.

Die Anforderungen an permanente Wurzelfüllmaterialien wurden von KRÖNCKE (27) zusammengefaßt und folgendermaßen definiert: leichte und sichere Einführbarkeit; völlige, wandständige und feste Ausfüllung des Wurzelkanals; keine Volumenveränderung nach der Füllung (eher eine Expansion während der Erhärtungsphase (21); Undurchlässigkeit des Materials für Flüssigkeiten; bakterizide oder bakteriostatische Wirksamkeit; Röntgensichtbarkeit; möglichst geringer Fremdkörperreiz auf vitales Gewebe - Plantationsfähigkeit (49); leichte Entfernbareit; Farbneutralität gegenüber den Zahnhartsubstanzen.

Aufgrund der zum Teil widersprüchlichen Forderungen ist es völlig klar, daß es kein "ideales" Wurzelfüllmaterial geben kann. Während einige der genannten Eigenschaften nach klinischen Erfahrungen leicht beurteilt werden können, bedingen andere, wie z.B. die Forderung nach Undurchlässigkeit des Materials für Flüssigkeiten, experimentelle Untersuchungen. Die Forderung nach Röntgensichtbarkeit des Wurzelfüllmaterials erscheint deshalb als unverzichtbar, weil nur das Röntgenbild einen Erfolg oder Mißerfolg einer Wurzelkanalfüllung primär demonstrieren kann. Aufgrund klinischer Erfahrung sollte man aber immer wieder betonen, daß die röntgenologische

x) - "Wurzelfüllmaterial" und "Wurzelfüllungsmaterial" wird in dieser Arbeit synonym gebraucht

Kontrolle einer Wurzelkanalbehandlung im Hinblick auf die Dokumentation eines Behandlungserfolges viel zu wünschen übrig läßt (10).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu zeigen, welche tatsächlichen Verhältnisse im Grenzflächenbereich zwischen aufbereitetem Dentin und Wurzelfüllmaterial von röntgenologisch kontrollierten Füllungen auftreten.

Dazu wurden extrahierte menschliche Zähne unter Zuhilfenahme der Röntgenmeßtechnik mit Handinstrumenten aufbereitet, mit verschiedenen permanenten Wurzelfüllmaterialien abgefüllt, röntgenologisch die Korrektheit der Wurzelfüllung dokumentiert und im Rasterelektronenmikroskop die Wandständigkeit der Füllmaterialien kontrolliert.

2. Literaturübersicht

Die Erhaltungsmöglichkeit markgeschädigter bzw. -toter Zähne umfaßt sehr vielschichtige Problemstellungen. Unsere Untersuchungen basieren auf folgenden allgemein anerkannten Feststellungen:

1. Die Wurzelkanalsäuberung und -aufbereitung sind die wirkungsvollsten Maßnahmen zur Ausschaltung der von infizierten Wurzelkanälen ausgehenden Reizfaktoren. Je vollkommener diese gelingen, um so günstiger sind die Voraussetzungen für die Erhaltung des Zahnes (5,6,7,9,12,17,18,28,32,40,41,42,51,55,57,58).
2. Wichtig ist nicht nur die Wahl eines gewebefreundlichen und nicht resorbierbaren Wurzelfüllmaterials, sondern auch eines Materials, das dicht ist und aufgrund seiner Wandständigkeit einen möglichst hermetischen Verschuß des Kanalsystems gewährleistet (9,13,19,26,27,28,42,48,54,57,58).

Erst eine ausreichende Kanalerweiterung und Formgestaltung schafft die Voraussetzungen für die optimale Füllung und damit auch eines hermetischen Verschlusses des anatomisch sehr komplex aufgebauten Wurzelkanalsystems. Nur durch eine optimale Kanalerweiterung lassen sich Nischen, Buchten und spaltförmige Ausziehungen der Wurzelkanäle, in die Wurzelfüllmaterialien nicht oder nur sehr schwer eingebracht werden können, ebnen. Gleichzeitig lassen sich durch diese mechanische Kanalsäuberung Gewebszerfallsprodukte entfernen, die Zahl der Mikroorganismen reduzieren (32,34,40), und die zumindest im Zustand der Pulpagangrän infizierten oberflächlichen Kanalwanddentinsschichten, bzw. irreguläres Reizdentin, das medikamentös kaum beeinflusst werden kann, entfernen (15,31). Mark- und Seitenkanälchen, sowie die regio ramificationis entziehen sich weitgehend dieser mechanischen Aufbereitung.

Die Kanalwandfläche soll schließlich glatt und nicht aufgerauht sein (41,55).

Der dichte Verschluß der sorgfältigsten aufbereiteten Wurzelkanäle ist Vorbedingung, um eine Reinfektion der apikalen Region durch exogene Noxen zu vermeiden (51). In Spalten und Hohlräume können vom periapikalen Entzündungsprozeß her Sekret und Zellbestandteile einsickern. Deren Zerfallsprodukte sind als entzündungserregende Noxen anzusehen. Abgesehen davon besteht die Möglichkeit einer Reinfektion der Wurzelkanäle, einmal dadurch, daß verbliebene Restkeime Nährsubstanz angeboten bekommen und sich vermehren können, andererseits wird angenommen (39), daß die mit Sekret gefüllten Hohlräume im Sinne einer Anachorese auf im Blut kreisende Mikroorganismen wirken und so für ihre Ansiedlung verantwortlich zu machen sind.

Nach diesen Ausführungen bedarf es keiner Begründung mehr, darauf hinzuweisen, wie wichtig es ist, die Wirkungsweise der Wurzelkanalaufbereitungsinstrumente zu kennen und Wur-

zelfüllmaterialien auf ihre Dichte und Wandständigkeit hin zu überprüfen (12).

Die Eigenschaften der Kanalaufbereitungsinstrumente wurden 1970 von FROMME, GUTZEIT und RIEDEL (12) mittels raster - elektronenmikroskopischer Untersuchungen geprüft. Dabei stellten sie fest, daß KERR-Räumer für enge und leicht gekrümmte Kanäle zur Aufbereitung gut geeignet sind. Mit ihnen läßt sich eine gute Einebnung des Wurzelkanalreliefs und eine optimale Wurzelwandglättung erreichen. HEDSTRÖM-Feilen eignen sich dagegen für weitlumige und gerade Kanäle. Sie sind an der Wurzelkanalwand sehr wirksam und tragen das Dentin gut ab. Eine Glättung der Kanalwände gelingt allerdings dabei nicht, denn es treten beim Bearbeiten starke Furchen und Zerklüftungen auf. Ebenfalls für die Bearbeitung weitlumiger Kanäle eignen sich Ratten - schwanzfeilen. Durch sie wird auch ausgiebig Dentin abgeraspelt. Im Gegensatz zu den HEDSTRÖM-Feilen sind bei ihnen die Wurzelkanalwände nach der Bearbeitung geglättet. 1975 führten MIZRAKI und TUCHER (35) elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Effektivität verschiedener Wurzelkanalinstrumente durch, unter anderem auch über die von KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen. Die besten Ergebnisse wies die kombinierte Anwendung beider Instrumente auf. Keine der angewandten Bearbeitungsmethoden ergab eine vollständige Entfernung von Gewebsresten an der Kanalwand. Im apikalen Drittel des Wurzelkanals fanden sich Dentinspäne, und eine Hälfte der Kanalwand war meist besser bearbeitet als die andere.

Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei MOODNIK (37), McCOMB und SMITH (33), wobei letztere auch die Wirkung von Spülungen mit verschiedenen Spülmitteln registrierten. Unterschiede im Behandlungsergebnis bei der Aufbereitung von marktoten und vitalen Zähnen mittels KERR-Räumer und

HEDSTRÖM-Feilen, sowie üblicher Spülungen, wurden nicht beobachtet.

Nach TSCHAMER (55) sind KERR-Räumer besonders gut zur Aufbereitung von engen und gekrümmten Kanälen geeignet. Apikal wirkte sich die Bearbeitung mit Rattenschwanzfeilen aber günstiger aus; es kam hierbei zu einer geringeren Anhäufung von Detritus und Gewebsresten.

WILMER (60) untersuchte die Aufbereitung gangränöser Zähne und fand, daß sich nach Bearbeitung der Kanalwände mittels KERR-Räumern eine kontinuierliche glatte Oberfläche und eine relativ gute Erschließung der Dentinkanälchen ergab. Zähne mit offener und geschlossener Gangrän wurden von MELKOVA, SMUTNA und ODEHNAL (34) in vivo und in vitro mit gleichen Resultaten behandelt. Die mechanische Bearbeitung des infizierten Wurzelkanals stellte sich dabei als ein sehr wirksames Mittel zur Reduzierung der Keimzahlen heraus.

FISCHER (8) untersuchte Zähne, die sorgfältig aufbereitet und gefüllt worden waren, und deren Röntgenkontrolle eine ordnungsgemäße Wurzelfüllung vermuten ließ. Nach der Extraktion fand er bei diesen Zähnen von den Instrumenten unberührt verbliebene Abschnitte der Wurzelkanalwand und Ansammlungen von Feilspänen.

Die Effektivität von Räumern und Feilen hinsichtlich der Bakterienbesiedelung prüfte NICHOLLS (38) und konnte nach der Behandlung nur noch bei sechs von insgesamt 148 offenen und bakteriell besiedelten Zähnen die Anwesenheit von Bakterien nachweisen.

KRÖNCKE (29) weist darauf hin, daß durch Räumer und Feilen die Dentinkanälchen verquetscht und mit Dentinsplintern teilweise verlegt oder eingeengt werden können. Die Kanalaufbereitung erfolgt hierbei im apikalen Bereich nur mit Räumern, während sie koronalwärts zusätzlich mit Fei-

len durchgeführt wird. Die Aufbereitung beginnt mit der Instrumentengröße, bei der man beim Eindringen bis zur gewünschten Tiefe erstmals einen Wandkontakt erhält. Eine ausführliche Untersuchung über den Einsatz verschiedener Kanalaufbereitungsinstrumente stammt von KONOPELSKI und KRÖNCKE (30). Die alternierende Anwendung von KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen wird wegen ihrer Sauberkeit im apikalen Bereich für die Praxis empfohlen, obwohl die Oberflächenbeschaffenheit der Wurzelkanalwände unter diesem Vorgehen weniger glatt erscheint.

Mit den physikalischen und mechanischen Eigenschaften von KERR-Räumern und HEDSTRÖM-Feilen befaßten sich CRAIG und PEYTON (3). Sie fanden keine nennenswerten Unterschiede in den Materialeigenschaften der beiden Instrumententypen.

Die Prüfung der Wurzelfüllmaterialien auf ihre Dichte und Wandständigkeit erfolgte durch sehr unterschiedliche Methoden. So zB. durch die Nadelmethode zur Messung von Kontraktion und Expansion (KNAPPWOST (24)), die Durchströmungs-Blasendruckmethode (KNAPPWOST (24)) und Varianten davon (UHLIG (56), BÖCKMANN, ROTTKE und STROTHMANN (2) und SCHROEDER (48), Dichteprüfungen mit markierten Substanzen (SPRETER v. KRUEDENSTEIN und KAYSER (51)) und schließlich auflichtmikroskopische Untersuchungen (TRAUNER (53), TRAUNER, MÖSE und WAECHTER (54) und KRÖNCKE (26,27)), sowie elektronen-aufsichtmikroskopische Untersuchungen von FROMME, GUTZEIT und RIEDEL (12), SVEJDA und BRAZDA (52), CUNNINGHAM (4), MOODNIK (36) und KOMRSKA (25). Alle diese Methoden haben Vor- und Nachteile. Auch das von uns eingesetzte Rasterelektronenmikroskop weist Nachteile auf, die aber zum großen Teil hauptsächlich in der Präparatevorbereitung liegen. Die Herstellung der Zahnquer- und -längsschnitte kann sehr leicht zu Artefaktbildungen einerseits an der Grenzfläche zwischen Füll -

material und aufbereitetem Dentin, andererseits auch innerhalb des Füllmaterials bzw. Dentins selbst, führen. BÜCKMANN et al. (1,2) veröffentlichten 1957 in einer abschließenden Zusammenfassung die mit Hilfe der oben erwähnten Methodik gewonnenen Ergebnisse ihrer Studien zur Dichte und Wandständigkeit. Dabei kamen sie unter anderem bei dem uns interessierenden Wurzelfüllmaterial Diaket^R zu dem Ergebnis, daß Diaket^R nicht porös, aber bei modifizierten Durchströmungsmethoden auch nicht wandständig ist. Eine Ausnahme in dieser Befundreihe stellte nur die Blasendruckmethode mit Aufbewahrung auf NaHCO_3 -Lösung dar, die auf eine größtenteils wandständige Lagerung des Diakets schließen ließ.

KRÖNCKE (27) kam bei seinen Untersuchungen hinsichtlich des Diakets zu ähnlichen Ergebnissen. Als Zufallsergebnis wurde festgestellt, daß Diaket^R von Lösungen, welche sekundäres Natriumphosphat enthalten, erweicht und mit der Zeit aufgelöst wird. Wieweit dieser Befund in Anbetracht der Tatsache, daß Phosphate normalerweise in Gewebeflüssigkeiten vorhanden sind, klinische Bedeutung besitzt, läßt sich vorläufig nicht ermesen. Dennoch wird Diaket^R unter diejenigen Wurzelfüllmaterialien eingestuft, die den Forderungen, die an ein Wurzelfüllmaterial gestellt werden müssen, am nächsten kommen.

Phosphatzement (Harvard-Zement) genügte diesen Forderungen in bezug auf Dichte und Wandständigkeit dagegen weniger.

Entsprechende Ergebnisse brachten auch die elektronenmikroskopischen Untersuchungen von SVEJDA et al. (52) von Wurzelkanalfüllungen mit Phosphatzement nach Wurzelspitzenresektion. Sowohl zwischen Kanalwand und Füllmaterial, als auch zwischen Füllmaterial und nachgeschobenem Guttaperchastift wurden Randspalten konstatiert. Von der Verwendung von N_2 -Sargenti wird allgemein abge-

raten. Dies ist vor allem bedingt durch die sehr in-
konstanten Konzentrationen von Paraform, das permanent
das eiweißfällende Fixationsmittel Formaldehyd abgibt,
und dem sehr hohen Gehalt von Bleioxyd (ca. 27%) -
- beides Mittel, die die Gewebsneutralität in der vor-
liegenden Form nicht wahren (16,21).

Bei SCHUBERT (5a) ging aus einem Einzellertest - dem
Paramaecientest- die Chloropercha als am wenigsten
zellschädigend hervor. Diaket^R zeigte - auch in kli -
nischen Versuchen - keine so guten Ergebnisse.

FROMME, GUTZEIT und RIEDEL (12) kamen hinsichtlich der
Diaket-Wurzelfüllungen unter auflichtmikroskopischer
Beobachtung zu dem Schluß, daß Randspaltenbildungen bei
der vorgegebenen Vergrößerung nicht zu erkennen waren.
Eine klinische Qualitätsbeurteilung einer frisch ge -
legten Wurzelfüllung kann nur anhand eines Röntgen -
bildes erfolgen. Das Röntgenbild ist, wie allgemein
bekannt, ein Summationsschattenbild und kann Ver -
änderungen im durchstrahlten Objekt nur zeigen, wenn
Dichte-/ Dickenunterschiede vorhanden sind. Ändert
sich die Strahlendurchlässigkeit im Objektteil nicht,
dann lassen sich Veränderungen allenfalls durch Än -
derungen des Umrißbildes erkennen (22).

Im allgemeinen werden zur Beurteilung einer Wurzel -
füllung Zahnfilme im Format 3 x 4 cm herangezogen.
Eine gute Aufnahmetechnik, gute Bildqualität (Schärfe,
Kontrast, Vergrößerung/Verzeichnung) und sachgerechte
Verarbeitung der Filme vorausgesetzt, bieten Zahnfilme
im Front- und Seitenzahnbereich ein Höchstmaß an Struk-
turdetails.

Grobe Inhomogenitäten des Wurzelfüllmaterials, wie sie
zB. durch blasige oder unvollständige Abfüllung des Wur-
zelkanals zustande kommen, lassen sich im allgemeinen
ohne große Schwierigkeiten erkennen. Komplizierter wer-

den die Verhältnisse bei mehrwurzligen Zähnen im Seitenzahnbereich, oder feineren Veränderungen des Umrißbildes im apikalen Bereich der Zähne (20,23), die sich aufgrund der anatomischen Situation nur sehr schwer oder gar nicht beurteilen lassen (10).

Aber auch röntgenologisch perfekte Wurzelfüllungen lassen nach FISCHER (10) im Hinblick auf die Dokumentation eines Behandlungserfolges viel zu wünschen übrig.

Dennoch stellt auch hier der Röntgenfilm ein Befunddokument dar, dessen Wert sich häufig im Zuge einer Behandlung, manchmal allerdings erst nach Jahren, erweist (22).

3. Material und Methode

3.1. Material

Folgende Wurzelfüllmaterialien werden untersucht:

1. Diaket^R
ESPE, Seefeld
2. Gangraena-Merz^R
Merz & Co, Frankfurt
3. N₂-Sargenti^R
INDRAG-AGSA, Locarno
4. Endométhasone^R
Gendrault, Paris
5. Harvard-Zement^R
Richter u. Hoffmann, Berlin

Verwendetes Röntgenbildmaterial:

Zahnfilme Super-Dozahn^R, Format 2x3 u. 3x4 cm
DuPont, Frankfurt

Verwendete Wurzelkanalaufbereitungsinstrumente:

KERR-Räumer
Micro-Mega AG Deutschland
Bad Homburg

HEDSTRÖM-Feilen
Micro-Mega AG Deutschland
Bad Homburg

Verwendete Geräte:

Rasterelektronenmikroskop Cambridge Stereoscan
Cambridge Co Ltd., Cambridge

Röntgengerät Ritter Explorer R 500 Mod. P
Ritter AG, Karlsruhe

Planimeter v. Kontron-Messgeräte GmbH in Kombination
mit dem Mikroskop Wild M 501
Wild, Heerbrugg

3.2. Methode

Die Untersuchungen zur Dichte und Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien wurden an 70 extrahierten, menschlichen Zähnen mit insgesamt 145 Wurzelkanälen durchgeführt. Milch- und Weisheitszähne konnten nicht akzeptiert werden. Eine Unterscheidung zwischen vitalen und gangränösen Zähnen ante extraktionem wurde nicht getroffen. Nach der Identifikation (Abb.1) wurden alle Zähne durch Zufallsverteilung den fünf Wurzelfüllmaterialien zugeteilt (siehe S. 10).

Unmittelbar nach der Extraktion erfolgte die Reinigung der Zähne mit H_2O , die Prüfung der Wurzeln auf Vollständigkeit und Aufbewahrung in 50%-igem Alkohol. Spätestens nach 24 Stunden wurden durch Kürretage den Zähnen anhaftende Gewebsreste entfernt und eine erneute Reinigung mit 3%-igem H_2O_2 vorgenommen. Anschließend wurden die Zähne apikal mit zähplastischem Kunststoff (Palavit G^R) umschlossen und trepaniert. Sofern die Wurzelkanäle nicht gut und ausreichend sondierbar waren, erfolgte eine Erweiterung der Kanaleingänge mithilfe eines Gates-Bohrers.

Danach erfolgte die Einbettung und Fixierung der Zähne in Gruppen von jeweils 4 bis 6 Stück in ca. 2 cm breiten Gipsblöcken. In die Wurzelkanäle der im Gipsblock fixierten Zähne wurden HEDSTRÖM-Feilen ISO Nr. 15 bis zum Einklemmen im apikalen Bereich eingeführt. Es folgte die Röntgenmeßaufnahme und das Notieren der approximativen Kanallänge. Angestrebt wurde die Aufbereitung der Kanäle bis zum röntgenologischen Apex (60), was bei Molaren, insbesondere bei stark gekrümmten Wurzeln, nur sehr schwer und oft auch völlig unmöglich war.

Nach Anfeuchten des Hauptkanals mit Merfen^R (farblos) aus hygienischen Gründen, erfolgte die Aufbereitung mit ansteigender Instrumentenstärke von ISO 15 bis 50, mindestens aber über 4 Größen nach dem erstmaligen Wandkontakt hinaus (15). Dabei kamen KERR-Räumer und HEDSTRÖM-Feilen alternierend zur Anwendung. Diese Methode wird von KONOPELSKI (9) wegen ihrer Sauberkeit im apikalen Bereich für die Praxis empfohlen. Spülungen erfolgten beim Instrumentenwechsel alternierend in der Sequenz: Natriumhypochlorid 5%-ig - H_2O_2 3%-ig. Die KERR-Räumer wurden mit dem Gefühl für den natürlichen Weg wie eine Schraube in den Kanal eingeführt, ohne Anwendung forcierter Bewegungen. Dadurch soll eine Verschiebung von Gewebsresten und Dentinspänen in apikaler Richtung vermieden werden (9). Es wurde sorgfältig darauf geachtet, daß mit den KERR-Räumern jeweils eine Drittel-Umdrehung im Uhrzeigersinn erfolgte, und das Instrument nach dem Herausnehmen mechanisch durch das Durchstoßen eines straff gespannten KOFFERDAM-Gummis mit anschließendem Eintauchen in H_2O_2 3%-ig gründlich gesäubert wurde. Abwechselnd mit den KERR-Räumern wurden HEDSTRÖM - Feilen benutzt, die jeweils dieselbe Größe wie die

entsprechenden KERR-Räumer aufwiesen. Die Bearbeitung endete dabei mit einer HEDSTRÖM-Feile, die eine Nummer größer war als der zuletzt angewandte KERR-Räumer.

Nach abgeschlossener Kanalaufbereitung wurde noch einmal die anfangs beschriebene Spülungssequenz durchgeführt. Mithilfe starker, saugfähiger Filterpapierspitzen erfolgte die abschließende Trocknung des Wurzelkanals.

Die zur Untersuchung anstehenden Wurzelfüllmaterialien wurden entsprechend den vom Hersteller angegebenen Vorschriften angemischt und mit einem Lentulo, der sich noch ohne Klemmwirkung in den Wurzelkanal einführen ließ, entsprechend den Gegebenheiten der Füllmaterialien, nieder- oder mitteltourig, in den Kanal einrotiert. Zum koronalen Verschuß der Trepanationskavität wurde,

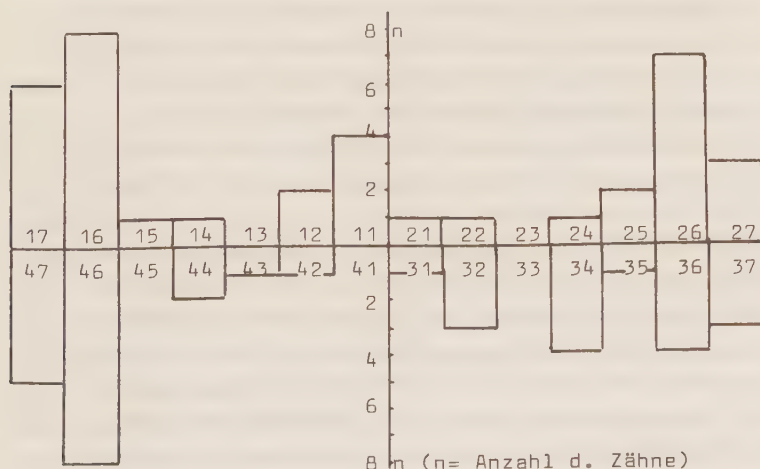


Abb.1: Zahnschema nach KEISER-NIELSEN mit den zur Untersuchung gelangten Zähnen (n = 70): alle Zähne werden im Text nach diesem Zahnschema klassifiziert.

nach Einfügen von Wattekompressen, Phosphatzement, normal härtend, gewählt. Die wurzelgefüllten Zähne wurden einer Röntgenkontrollaufnahme unterzogen, zur Dokumentation bzw. Feststellung einer Korrekturbedürftigkeit der Füllung.

Bis zur vollständigen Aushärtung der Wurzelfüllmaterialien erfolgte eine 14-tägige, für Gangraena-Merz^R eine 4-monatige Lagerung bei Zimmertemperatur. Anschließend wurden die Zahnkronen mit einer diamantierten Trennscheibe an der Schmelz-Zement-Grenze abgetrennt, und die Wurzeln an zwei einander gegenüber liegenden Seiten axial angefräst. In die Fräsrillen wurde eine Pianodrahtzange eingesetzt. Mit gut dosiertem Druck auf die Zangenbranchen erfolgte eine Halbierung der Wurzeln durch Aufsprengung. Diese ging um so problemloser vonstatten, je mehr es mit zunehmender Übung gelang, die Fräsrillen einerseits so tief zu legen, daß nur mehr eine dünne Dentinschicht vor dem Wurzelfüllmaterial stehen blieb, andererseits aber das Wurzelfüllmaterial selbst zur Vermeidung von Artefaktbildungen an keiner Stelle tangiert wurde. Dieser präparative Schritt war in der ganzen Methodik der störungsanfälligste.

Sofern unter Lupenvergrößerung keine sichtbaren Veränderungen oder Aussplitterungen an Zahn oder Wurzelfüllmaterial zu erkennen war, wurden die Wurzelhälften mit einem Dental-Klebstoff auf Aluminium-Objektträger aufgebracht. Aus jeder Serie der fünf untersuchten Wurzelfüllmaterialien wurden per Zufallsauswahl fünf Präparate entnommen und vor der Bedampfung mit Gold unter einem Aufsichts-Lichtmikroskop photographiert. Damit sollten Veränderungen der Füllmaterialien, wie sie unter dem Einfluß eines Hochvakuums denkbar sind,

festgestellt werden.

Im Anschluß daran wurden diese zufallsausgewählten, als auch die restlichen Proben aus jeder Serie in einem Vakuumexsikkator für wenigstens 12 Stunden getrocknet. Danach erfolgte die Bedampfung der Präparate mit Gold und die raster-elektronenmikroskopische Untersuchung der Grenzschichtverhältnisse zwischen Wurzelfüllmaterial und aufbereitetem Dentin.

Zur Beurteilung wurden stichprobenartig drei Regionen des Wurzelkanals, nämlich der Apex, die Mitte und der Eingang des Wurzelkanals herangezogen, wobei der Bildausschnitt bei kleinster Vergrößerung (20-fach) willkürlich gewählt wurde. Der einmal gewählte Bildausschnitt wurde dann über sämtliche Vergrößerungsstufen bis zur üblichen Gesamtvergrößerung von 1:1000 beibehalten, wobei Objektbewegungen zur Verbesserung der Bildqualität nur senkrecht zur Zahnlongsachse, bzw. als Rotationsbewegung um diese Achse ausgeführt wurden. Eine möglichst senkrechte Aufsicht auf die zu untersuchende Objektebene wurde angestrebt.

Als Beispiel für diesen Untersuchungsgang sind die REM-Bilder Nr.1 bis 7 mit dem Wurzelfüllmaterial N₂-Sargenti^R anhand einer besonders markanten Stelle aufgeführt. Der Abbruch des Wurzelfüllmaterials an der demonstrierten Stelle führt zwar nicht zur Unbrauchbarkeit des Präparates, wohl aber zur Wiederholung des gesamten Beobachtungsganges an anderer Stelle des Präparates.

Kamen mit zunehmender Vergrößerung Bezirke mit Verschmierungen im Grenzflächenbereich zwischen Dentin und Wurzelfüllmaterial, wie sie zB. durch zu tiefes Anfräsen mit der Trennscheibe entstehen konnten, zum Vorschein, wurden diese aufgrund der damit verbundenen

Artefaktbildung nicht akzeptiert. Es erfolgte dann ebenfalls der oben beschriebene Beobachtungsgang an einer anderen Stelle des gleichen Präparates von neuem. Größere Aussprengungen oder Rißbildungen, die nicht sicher auf Eigenschaften des Wurzelfüllmaterials zurückgeführt werden konnten, und ähnliche Veränderungen an den Zahnhartsubstanzen, führten zur Unbrauchbarkeit des Präparates.

4. Ergebnisse

4.1. Diaket^R

Die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials Diaket wurde anhand 16 zufallsverteilter Zähne, darunter ein Zahn aus dem Frontzahn- und 15 Zähne aus dem Seitenzahnbereich mit insgesamt 35 Wurzelkanälen, untersucht. Während der Präparateherstellung schieden 10 Wurzelkanäle (=29%) aus der Beurteilung aus. Von den verbliebenen 25 Wurzelkanälen waren im apikalen Wurzelkanaldrittel 15 (=60%), im intermediären 21 (=84%) und im koronalen Drittel 19 (=76%) im Rasterelektronenmikroskop unter den gewählten Bedingungen photographisch dokumentierbar. Dies entspricht bei einer maximal möglichen Bildanzahl von 75 einer durchschnittlichen Bildausbeute von 73%.

Die Durchmusterung der Photos ergibt, daß das Wurzelfüllmaterial Diaket in sich selbst optisch dicht erscheint. Um die recht unterschiedlichen Ergebnisse hinsichtlich der Wandständigkeit einordnen zu können, werden mit einem Planimeter jeweils die beiden kleinsten und die beiden größten Abstände zwischen aufbereitetem Dentin und Wurzelfüllmaterial gemessen; der arithmetische Mittelwert beider Meßpaare (Abb.2 und Abb.3), sowie der arithmetische Mittelwert aller vier Meßstrecken (Abb.4) werden abhängig von der gewählten Graduierung in Prozent der Gesamtbeobachtungsanzahl und aufgeschlüsselt nach der Beobachtungsregion graphisch dargestellt. Treten in einem Bild diskontinuierliche Randspalten mit einzelnen Kontaktpunkten zwischen Füllungsmaterial und aufbereitetem Dentin auf, werden diese Kontaktpunkte nicht zur Messung herangezogen, da sie aufgrund der Dreidimensionalität des Objektes im Gegensatz zur Zweidimensionalität des Bildes eine Randdichtigkeit vortäuschen können. Hier erfolgt deshalb die Messung wie bei kontinuierlichen Randspalten-

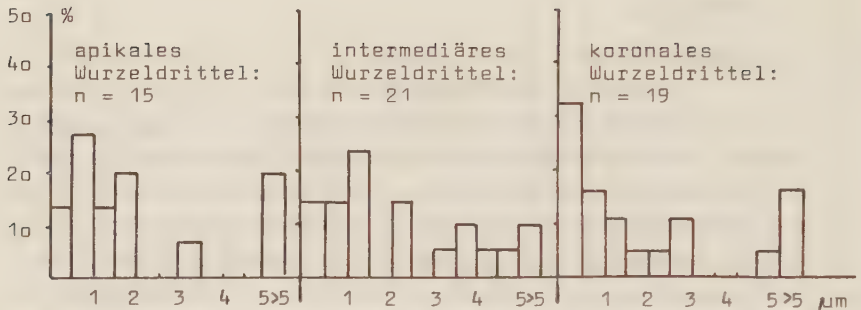


Abb.2: Minimalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Diaket und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikal: n=15, intermediär: n=21, koronal: n=19)

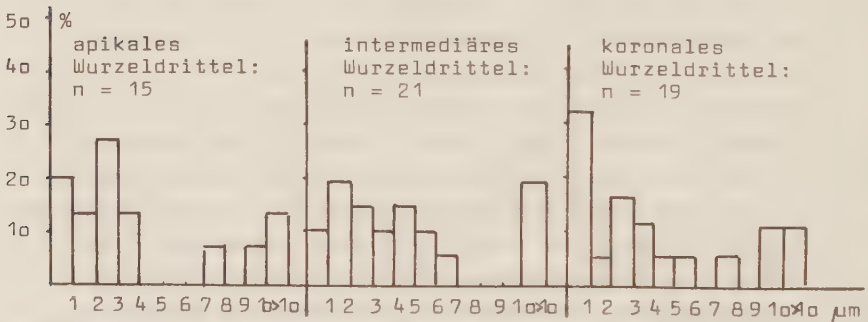


Abb.3: Maximalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Diaket und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=15, intermediäres Drittel: n=21, koronales Drittel: n=19)

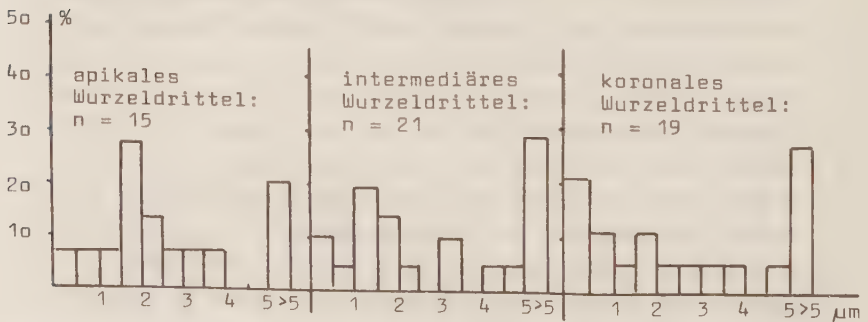


Abb.4: Durchschnittswerte aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen dem Wurzelfüllmaterial Diaket und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=15, intermediäres Drittel: n=21, koronales Drittel: n=19)

bildungen zwischen den scheinbaren Kontaktpunkten an den Stellen mit kleinstem und größtem Abstand zwischen aufbereitetem Dentin und Wurzelfüllmaterial.

Um diese relativ subjektive Beurteilungsmethode zu objektivieren, werden die von den Randspalten eingenommenen Flächen jeweils über einer Grundstrecke von $80\text{ }\mu\text{m}$ (entsprechend einer Bildstrecke von 8 cm bei einer gewählten Vergrößerung von $1:1000$) gemessen (Abb.5). Die Minimalabstände (Abb.2) werden aufgeschlüsselt in Bereiche kleiner oder größer $1\text{ }\mu\text{m}$. Die Größenordnungen der "gängigsten" Bakterien liegen zwischen $0,5$ und $5\text{ }\mu\text{m}$ (59), so daß Randspalten schmaler als $1\text{ }\mu\text{m}$ als relativ bakterienundurchlässig, Randspalten breiter als $5\text{ }\mu\text{m}$ als absolut bakteriendurchlässig anzusehen sind. Die Minimalabstände kleiner als $1\text{ }\mu\text{m}$ liegen bei Diaket im apikalen, intermediären und koronalen Bereich bei 40% , 28% und 48% der beobachteten Fälle. Daraus lassen sich aber aufgrund der Dreidimensionalität des Objektes keine Aussagen über die Bakteriendurchlässigkeit des Randspaltes treffen, wohl aber Rückschlüsse im Vergleich mit anderen Wurzelfüllmaterialien ziehen. Randspalten, die mit ihren kleinsten Breiten schon über $5\text{ }\mu\text{m}$ liegen und damit im dokumentierten Bereich als bakteriendurchlässig zu bezeichnen sind, treten im apikalen Bereich in 20% , im intermediären Bereich in 10% und im koronalen Bereich in 19% der Fälle auf.

Die beobachteten Maximalabstände (Abb. 3) liegen im apikalen Drittel der Wurzelkanäle bei 27% über $5\text{ }\mu\text{m}$, bei 13% sogar über $10\text{ }\mu\text{m}$; im intermediären Drittel betragen die maximalen Breiten der Randspalten in 34% der Fälle, im koronalen Drittel in 32% der Fälle mehr als $5\text{ }\mu\text{m}$.

Interessanter als Maß für die Wandständigkeit eines Wurzelfüllmaterials sind die kleinsten Werte der

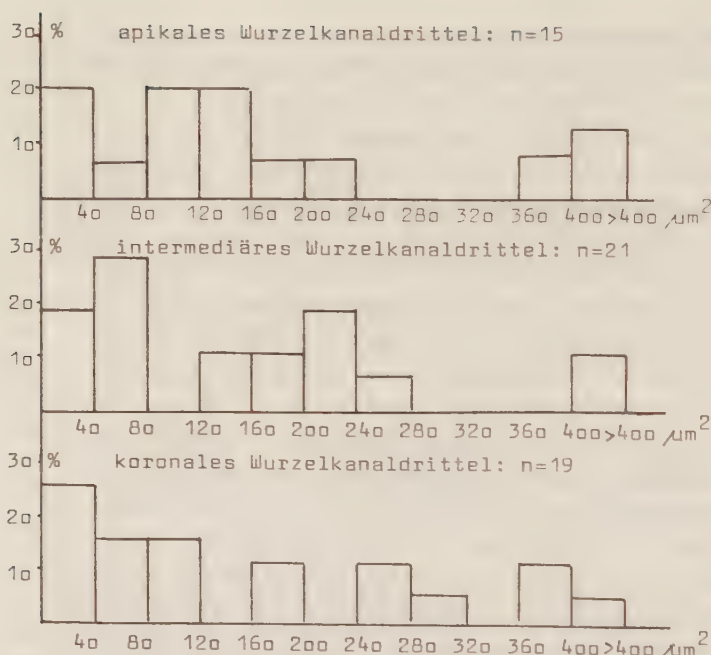


Abb.5: Prozentuale Verteilung der vom Wurzelfüllmaterial Diaket und aufbereitetem Dentin begrenzten Flächen von Randspalten in μm^2 , gemessen über eine Bildstrecke von 8 cm (entsprechend einer realen Objektstrecke von $80\mu\text{m}$ bei einer Vergrößerung von 1:1000), in Abhängigkeit von ihren Lokalisationen im apikalen, intermediären und koronalen Wurzelkanaldrittel

maximalen Abstände. Maximale Abstände, die unter $1\mu\text{m}$ liegen, werden im apikalen Bereich in 20%, im intermediären und koronalen Bereich in 10% bzw. in 32% der Fälle beobachtet.

Die Durchschnittswerte aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen Dentin und Diaket

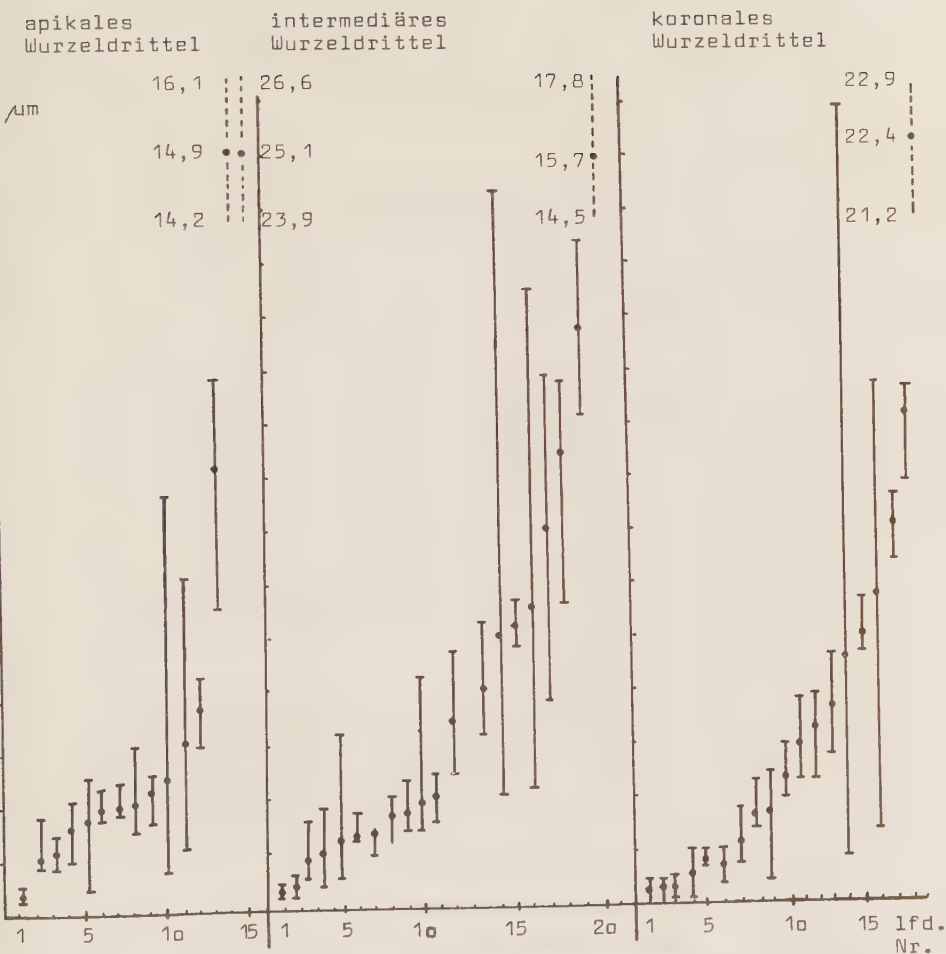


Abb.6.: Distanzmessung zwischen dem Wurzelfüllmaterial Diaket und aufbereitetem Dentin mit maximalem Abstand (T), minimalem Abstand (I) und Mittelwert (•) aus je zwei Messungen der maximalen und minimalen Abstände

ergeben bei Werten bis zu einem um apikal 14%, inter - mediär 15% und koronal 32% der beobachteten Fälle. Die Graduierung der Abb. 5 erfolgt in Sequenzen von je $40 \mu\text{m}^2$, da unter den gewählten Bedingungen die beob - achteten Breiten der Randspalten dann unter $0,5 \mu\text{m}$ im Durchschnitt liegen. Die Einordnung von Flächen in den Bereich unter $40 \mu\text{m}^2$ sagt über die Randspaltendurchläss - sigkeit für Bakterien im Einzelfall zwar nichts aus, eignet sich aber aufgrund der relativ objektiven Be - urteilungskriterien sehr gut zum statistischen Ver - gleich der Güte der Wandständigkeit. Diaket weist apikal in 20%, intermediär in 19% und koronal in 26% der Fälle Flächen unter $40 \mu\text{m}^2$ auf; wird die Grenze bei $80 \mu\text{m}^2$ gezogen, entsprechend einer durchschnitt - lichen Randspaltenbreite von $1 \mu\text{m}$, sind apikal 27%, intermediär und koronal fast die Hälfte aller beob - achteten Fälle, nämlich 48% und 42% anzutreffen. Flächen über $400 \mu\text{m}^2$, entsprechend einer durchschnitt - lichen Randspaltenbreite von mehr als $5 \mu\text{m}$, lassen sich apikal in 13%, intermediär in 10% und koronal in 15% der Fälle beobachten.

In Abb.6 sind die maximalen und minimalen Abstände, und die Mittelwerte aus je 2 Messungen der maximalen und minimalen Randspaltenbreiten graphisch dargestellt. Da - bei fällt auf, daß Diaket im apikalen Bereich nur in einem Fall mit der Gesamtbreite des beobachteten Rand - spaltes unterhalb der $0,5 \mu\text{m}$ -Grenze liegt; im inter - mediären und koronalen Drittel der Wurzelkanäle sind es 2, bzw. 3 Fälle. Anzumerken ist, daß es sich dabei jeweils um verschiedene Wurzelkanäle handelt, also kein Wurzelkanal in wenigstens zwei der stichproben - artig beobachteten drei Bereiche unterhalb der $0,5 \mu\text{m}$ -Grenze liegt.

Zum Vergleich der Wandständigkeit des gut röntgen -

opaken Wurzelfüllmaterials Diaket im Röntgenbild und im rasterelektronenmikroskopischen Bild wird als Beispiel das Röntgenbild des mesialen Kanals eines 47 verglichen mit dem dazugehörigen REM-Bild Nr.8 mit Randspaltenbreiten zwischen 14 und 16 μm apikal, Nr.9 mit Randspalten zwischen 2 und 11 μm intermediär und Nr. 10 mit Randspalten zwischen 1 und 10 μm . Nur im intermediären Bereich scheint das Röntgenbild eine mangelnde Wandständigkeit zu dokumentieren; die Randspaltenbreiten von ca. 15 μm im apikalen Bereich sind nicht wiedergegeben.

Die REM-Bilder Nr. 11 und 12 aus dem apikalen bzw. intermediären Drittel des mesiovestibulären Wurzelkanals eines 16 mit Randspaltenbreiten von 0,5 bis 8 μm im Bereich einer wandständigen Blase lassen sich im Röntgenbild durch Überprojektion der beiden vestibulären Kanäle nur unsicher beurteilen, der palatinale Kanal weist apikal Spaltbreiten von 1,5 bis 2,5 μm , intermediär von 1 bis 4 μm , und koronal von 5 bis 6 μm (REM-Bild Nr.13, 14, 15) auf, die röntgenologisch nicht verifizierbar sind. Mit FISCHER (10) läßt sich, wie aus diesen wenigen Beispielen ersichtlich, sagen, daß die Röntgendokumentation wenn überhaupt, dann nur über sehr grobe Unregelmäßigkeiten in der Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien Auskunft geben kann.

4.2. Gangraena-Merz^R

Die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials Gangraena-Merz wurde anhand 23 zufallsverteilter Zähne, darunter

6 Zähne aus dem Front- und 17 Zähne aus dem Seitenzahn-
bereich mit insgesamt 46 Wurzelkanälen, untersucht.
Während der Präparateherstellung schieden 16 Wurzel -
kanäle (=35%) aus der weiteren Beurteilung aus. Von
den verbliebenen 30 Wurzelkanälen waren im apikalen
Wurzelkanaldrittel 16 (=53%), im intermediären 23
(=77%) und im koronalen Drittel 18 (=60%) im Raster-
elektronenmikroskop unter den gewählten Bedingungen
photographisch dokumentierbar. Dies entspricht bei
einer maximal möglichen Bildanzahl von 90 Bildern
einer durchschnittlichen Bildausbeute von 63%.
In diesen Zahlen sind 18 Bilder enthalten, die den
Befund nach Wurzelkanalfüllung mit Gangraena-Merz und
nachgeschobenem Guttaperchastift dokumentieren. Da
diese Befunde aber in keiner Weise von denen ohne
nachgeschobenem Guttaperchastift differieren, wurden
sie im Zuge der weiteren Untersuchungen alle gleich
behandelt.

Die rasterelektronenmikroskopische Auswertung hin -
sichtlich der Wandständigkeit der Gangraena-Merz-
-Paste bereitet im Vergleich zu den anderen unter -
suchten Wurzelfüllmaterialien große Schwierigkeiten.
Zum einen ist die Konsistenz des Materials nach vier
Monaten Lagerung am bestenfalls als kreidig, also
noch als sehr weich zu bezeichnen; bei einem Teil der
Präparate kommt es sogar zum Verfließen des Wurzel -
füllmaterials- was zur Unbrauchbarkeit des Präparates
führt.

Zum anderen überstrahlt die Gangraena-Merz-Paste bei
der rasterelektronenmikroskopischen Betrachtung durch
sehr starke Reflektion der Elektronenstrahlen das ge-
samte Bild, woraus eine Kontrastarmut mit Verlust der
Tiefenschärfe resultiert. Aufgrund dieser milchigen

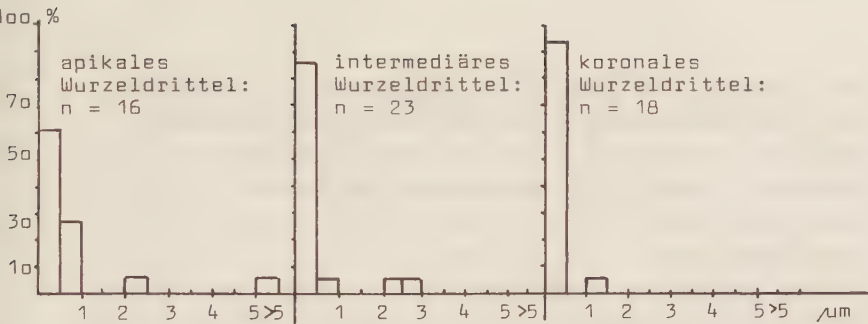


Abb.7: Minimalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Gangraena-Merz und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der beobachteten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=16, intermediäres Drittel: n=23, koronales Drittel: n=18)

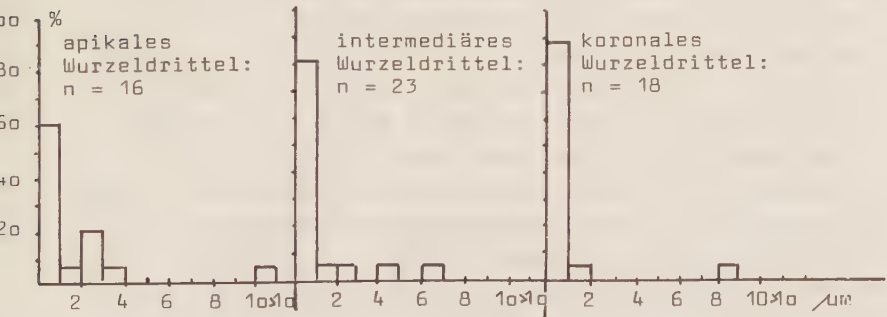


Abb.8: Maximalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Gangraena-Merz und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der beobachteten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=16, intermediäres Drittel: n=23, koronales Drittel: n=18)

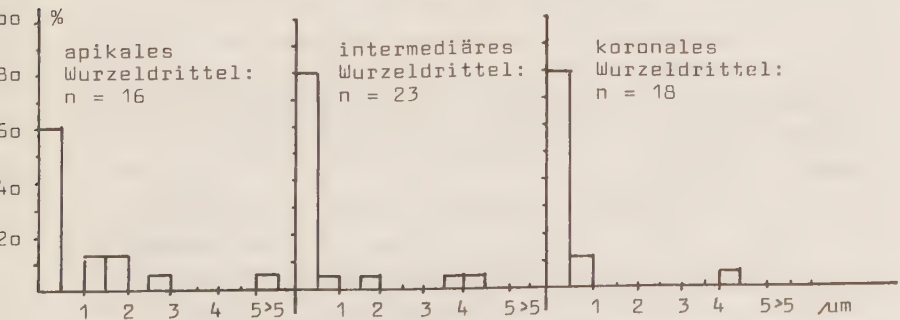


Abb.9: Durchschnittswerte aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen dem Wurzelfüllmaterial Gangraena-Merz und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=16, intermediäres Drittel: n=23, koronales Drittel: n=18)

Überstrahlung sind die interessierenden Grenzschichtverhältnisse zwischen Gangraena-Merz-Paste und Dentin am Monitorbildschirm nur schwer mit der nötigen Schärfe einzustellen; erst die photographische Dokumentation bringt, unter Zuhilfenahme aller technischen Möglichkeiten, tolerable Ergebnisse.

Die Durchmusterung der Photos ergibt, daß das Wurzelfüllmaterial Gangraena-Merz in sich selbst optisch dicht erscheint und bei korrekter Applikation keinerlei Hohlraumbildungen aufweist. Hohlraumbildungen im Grenzbereich von Wurzelfüllmaterial und aufbereitetem Dentin sind nur vereinzelt zu beobachten. Durchgehende Randspaltenbildungen über den gesamten Bildbereich sind in keinem einzigen Fall festzustellen. Eine Ausnahme davon zeigt das REM-Bild Nr. 41, auf dem im apikalen Bereich des distovestibulären Wurzelkanals eines 27 der steckengebliebene Teil eines KERR-Räumers nach Bruch des Instrumentes dokumentiert ist. Es gelang nicht, Gangraena-Merz-Paste an dem gebrochenen KERR-Räumer vorbei zu transportieren.

Die Minimalabstände kleiner als $1\mu\text{m}$ liegen bei Gangraena-Merz apikal bei 87%, intermediär und koronal bei 91% bzw. 90% der beobachteten Fälle. Unterhalb von $0,5\mu\text{m}$ liegen die gemessenen Abstände von Gangraena-Merz zu Dentin bei 60%, 86% und 90% der Fälle in den einzelnen Beobachtungsbereichen. Da in keinem Fall über den gesamten Bildabschnitt reichende Spaltbildungen auftreten, mit Ausnahme des oben erwähnten Falles, sind diese Zahlen gleich zu setzen mit den Prozentzahlen randdichter Präparate (Abb. 7).

Auch die Maximalabstände liegen mit ihren kleinsten Werten sowohl im apikalen Bereich mit 60%, im intermediären mit 82% und im koronalen Bereich mit 89% bei Distanzen unter $1\mu\text{m}$ und damit in einer Größenordnung wie die kleinsten Minimalabstände (Abb. 8).

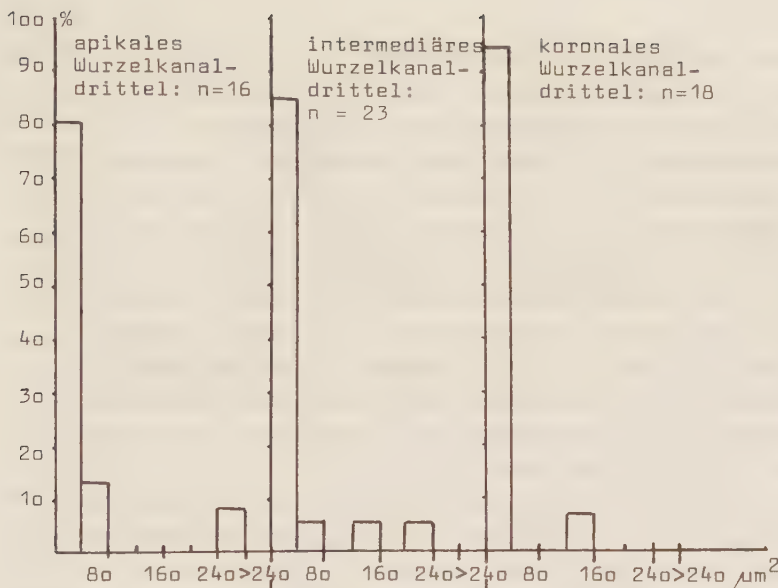


Abb. 10: Prozentuale Verteilung der vom Wurzelfüllmaterial Gangraena-Merz und aufbereitetem Dentin begrenzten Flächen von Randspalten in μm^2 , gemessen über eine Bildstrecke von 8 cm (entsprechend einer realen Objektstrecke von 80 μm bei einer Vergrößerung von 1:1000), in Abhängigkeit von ihren Lokalisationen im apikalen, intermediären und koronalen Wurzelkanaldrittel

Die Durchschnittswerte (Abb. 9) aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen Dentin und Gangraena-Merz ergeben bei Werten unterhalb von 0,5 μm ähnliche Resultate, nämlich 60% apikal, 80% intermediär und 80% koronal.

Die Messung der beobachteten Randspaltenflächen ergibt bei Werten unter 40 μm^2 im apikalen Bereich 60%, im intermediären Bereich 80% und im koronalen Bereich 80% der beobachteten Fälle. Wird die Grenze bei 80 μm^2 gezogen, sind apikal, intermediär und koronal jeweils ca. 90% aller be-

obachteten Fälle anzutreffen (Abb. 10).

Bei 9 Wurzelkanälen sind in allen drei beobachteten Bereichen keinerlei Spaltbildungen festzustellen.

Gangraena-Merz ist ausreichend röntgenopak. Randspaltenbildungen sind im Röntgenbild nicht feststellbar. Als Beispiel dafür wird das Röntgenbild eines 12 mit dem dazu gehörigen REM-Bild Nr. 16 (intermediärer Bereich) und Nr. 17 (koronaler Bereich) angeführt. Das REM-Bild Nr. 17 weist eine maximale Randspaltenbreite von $8,2 \mu\text{m}$ auf, die im Röntgenbild kein Äquivalent findet. Der apikale Bereich der Wurzelfüllung mit mehreren röntgenologisch sichtbaren Füllungsdefekten ist rasterelektronenmikroskopisch nicht auswertbar.

Das Röntgenbild eines 46 mit den REM-Bildern Nr. 18 und 19 des apikalen und intermediären Bereichs des mesialen Kanals, und REM-Bild Nr. 20 und 21 des apikalen und koronalen Bereichs des distalen Kanals, weist im distalen Wurzelkanal am Übergang zwischen apikalem und intermediärem Drittel einen ca. 0,5 mm großen, rundlichen Füllungsdefekt auf, der rasterelektronenmikroskopisch aber nicht dokumentiert ist. Die REM-Bilder weisen am 46 keinerlei Randspalten auf.

4.3. N₂ - Sargenti

Die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials N₂-Sargenti wurde anhand 14 zufallsverteilter Zähne, darunter ein Zahn aus dem Front- und 14 Zähne aus dem Seitenzahnbe- reich mit insgesamt 33 Wurzelkanälen, untersucht.

Während der Präparateherstellung schieden 8 Wurzelkanäle (=24%) aus der Beurteilung aus. Von den verbliebenen

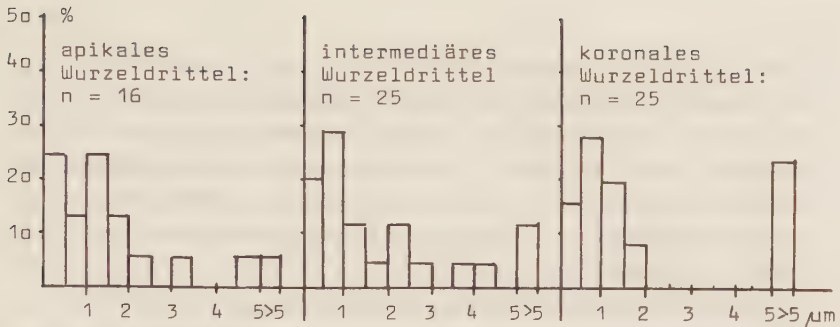


Abb.11: Minimalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial N₂-Sargenti und aufbereitetem Dentin in µm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=16, intermediäres Drittel: n=25, koronales Drittel: n=25)

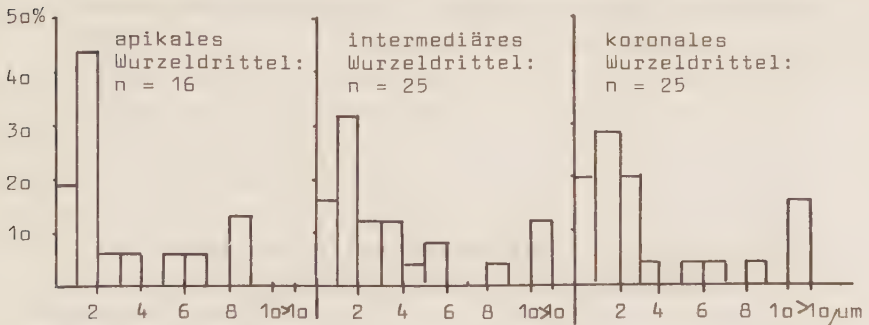


Abb.12: Maximalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial N₂-Sargenti und aufbereitetem Dentin in µm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel:n=16, intermediäres Drittel: n=25, koronales Drittel:n=25)

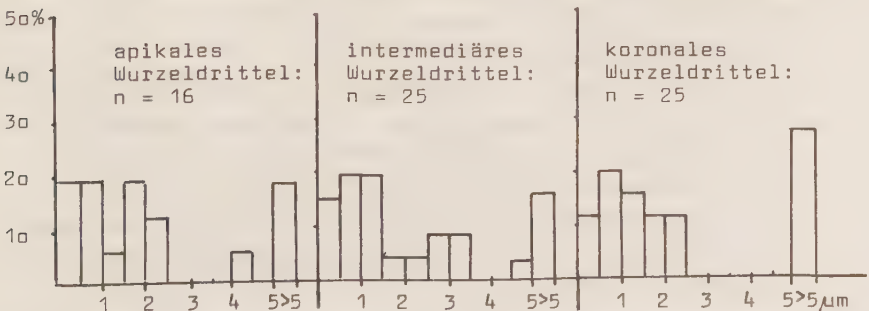


Abb.13: Durchschnittswerte aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen dem Wurzelfüllmaterial N₂-Sargenti und aufbereitetem Dentin in µm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=16, intermediäres Drittel: n=25, koronales Drittel:n=25)

25 Wurzelkanälen waren im apikalen Drittel 16 (=64%), im intermediären 25 (=100%) und im koronalen Wurzelkanaldrittel ebenfalls 25 (=100%) im Rasterelektronenmikroskop unter den gewählten Bedingungen photographisch dokumentierbar. Dies entspricht bei einer maximal möglichen Bildanzahl von 75 Bildern einer durchschnittlichen Bildausbeute von 88%.

Die Durchmusterung der Photos ergibt, daß das Wurzelfüllmaterial N_2 -Sargenti in sich selbst optisch dicht erscheint.

Die Minimalabstände, kleiner als $1\mu m$, liegen für N_2 -Sargenti bei 38% im apikalen, bei 48% im intermediären

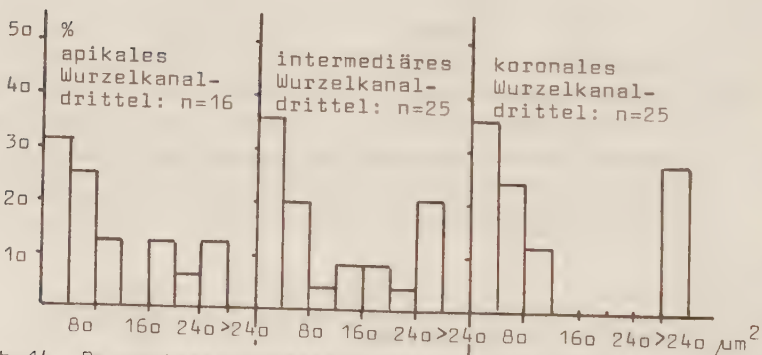


Abb. 14: Prozentuale Verteilung der vom Wurzelfüllmaterial N_2 -Sargenti und aufbereitetem Dentin begrenzten Flächen von Randspalten in μm^2 , gemessen über eine Bildstrecke von 8 cm (entsprechend einer realen Objektstrecke von $80\mu m$ bei einer Vergrößerung von 1:1000), in Abhängigkeit von ihren Lokalisationen im apikalen, intermediären und koronalen Wurzelkanaldrittel

und bei 44% der Fälle im koronalen Bereich. Unterhalb der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Marke weist N_2 -Sargenti apikal in 25%, intermediär in 20% und koronal in 16% der beobachteten Fälle Randspalten auf (Abb.11).

Maximalabstände, die kleiner als $1\text{ }\mu\text{m}$ sind, liegen im apikalen Bereich bei 19%, im intermediären bei 16% und im koronalen Bereich bei 20% der beobachteten Fälle.

Die größten Werte der Maximalabstände zwischen Dentin und N_2 -Sargenti liegen im intermediären Bereich in 12% und im koronalen Bereich in 16% der Fälle in Größenordnungen von $10\text{ }\mu\text{m}$ und mehr (Abb.12).

Die Durchschnittswerte (Abb.13) aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen Dentin und N_2 -Sargenti-Wurzelfüllmaterial sind im Bereich unter $0,5\text{ }\mu\text{m}$ apikal mit 19%, intermediär mit 16% und koronal mit 12% der Gesamtbeobachtungszahl vertreten.

Die Messung der beobachteten Randspaltenflächen ergibt unterhalb der $40\text{ }\mu\text{m}^2$ -Grenze Werte von 31% apikal, von 36% intermediär und 36% koronal, bezogen auf die Gesamtbeobachtungszahl. Wird die Grenze bei $80\text{ }\mu\text{m}^2$ gelegt, erhöhen sich diese Prozentzahlen auf 56% apikal, auf ebenfalls 56% intermediär und 60% koronal (Abb.14).

In Abb. 15 sind die maximalen und minimalen Randspaltenbreiten, sowie deren Mittelwerte graphisch dargestellt. Dabei fällt auf, daß N_2 -Sargenti im apikalen Bereich nur in einem Fall mit einer Gesamtbreite des beobachteten Randspaltes unter $0,5\text{ }\mu\text{m}$ präsent ist. Im koronalen Bereich liegen drei Fälle unterhalb der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze, im intermediären kein einziger. Anzumerken ist dabei, daß es sich jeweils um verschiedene Wurzelkanäle handelt, also kein Wurzelkanal in wenigstens zwei beobachteten Bereichen eine Gesamtspaltbreite unter der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze aufweist.

N_2 -Wurzelfüllmaterial weist eine gute Röntgenopazität auf. Als Beispiel wird das Röntgenbild eines 25 mit den dazu gehörigen REM-Bildern Nr. 22 (apikaler Bereich),

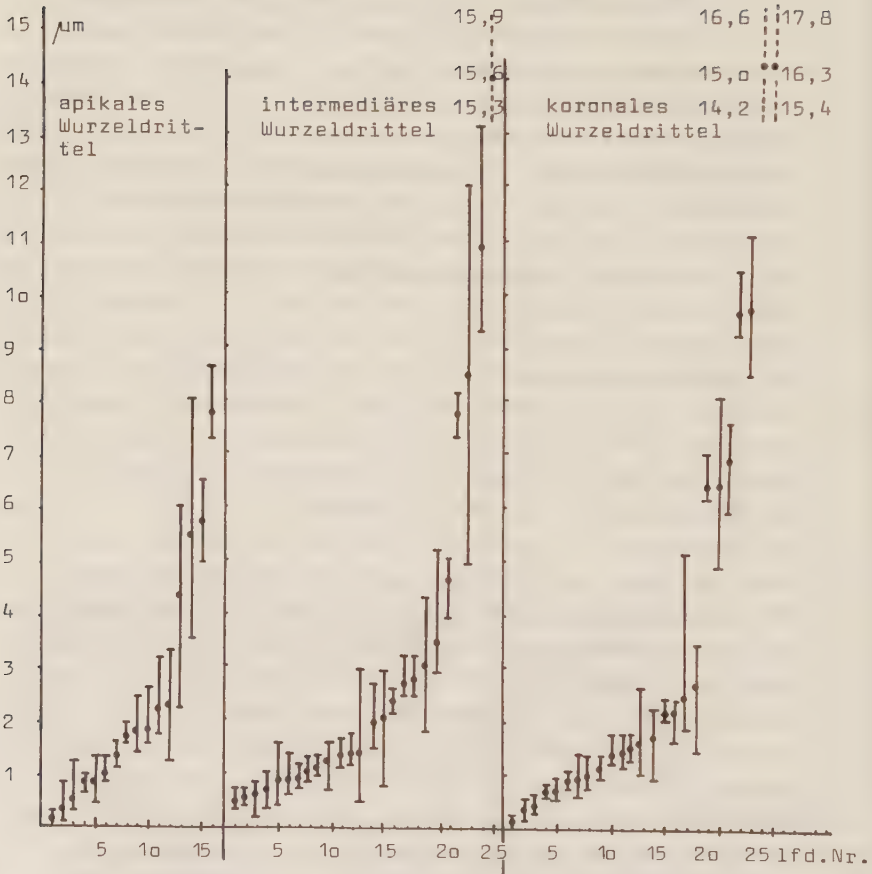


Abb.15: Distanzmessungen zwischen dem Wurzelfüllmaterial N₂-Sargenti und aufbereitetem Dentin mit maximalem Abstand (T) minimalem Abstand (⊥) und Mittelwert (•) aus je zwei Messungen der maximalen und minimalen Abstände

Nr. 23 (intermediärer Bereich) und Nr.24 (koronaler Bereich) angeführt. Das Röntgenbild ergibt hinsichtlich des Randschlusses eine vollständig randdichte Wurzelfüllung. Die rasterelektronenmikroskopisch gemessenen Randspalten betragen hingegen im apikalen und intermediären Bereich bis zu $4\text{ }\mu\text{m}$ und können damit als relativ bakterien-durchlässig bezeichnet werden. Nur im koronalen Bereich scheint der Bakterienmigration mit gemessenen Randspalten bis zu maximal $0,1\text{ }\mu\text{m}$ ein ernsthaftes Hindernis entgegen zu stehen.

Das Röntgenbild eines 14 (REM-Bild Nr. 25, 26 und 27) mit nur einem Wurzelkanal weist, nach einem durch mechanische Ermüdung bedingten Bruch eines Wurzelkanalaufbau - reitungsinstrumentes, eine inkomplette Füllung im apikalen Bereich auf. Die elektronenmikroskopisch gemessene Randdichtigkeit ist mit größten Abständen zwischen auf - bereitetem Dentin und N_2 -Sargenti-Wurzelfüllmaterial von ca. $1\text{ }\mu\text{m}$ relativ groß. Hohlraumbildungen im Wurzelfüll - material selbst, mit Durchmessern bis zu $7\text{ }\mu\text{m}$, sind im Röntgenbild nicht zuordenbar.

Die mikroskopische Auswertung des distalen Kanals eines 37 (REM-Bild Nr. 28 apikaler, Nr. 29 intermediärer und Nr. 30 koronaler Bereich) mit Randspaltenbreiten im koronalen Drittel bis zu $16,6\text{ }\mu\text{m}$ ergibt ebenfalls kein Korrelat im Röntgenbild.

4.4. Endométhasone^R

Die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials Endométhasone wurde anhand 8 zufallsverteilter Zähne, darunter 3 Zähne aus dem Front- und 5 Zähne aus dem Seitenzahnbereich mit insgesamt 16 Wurzelkanälen, untersucht. Während der Präparateherstellung schieden 6 Wurzelkanäle (=38%) aus

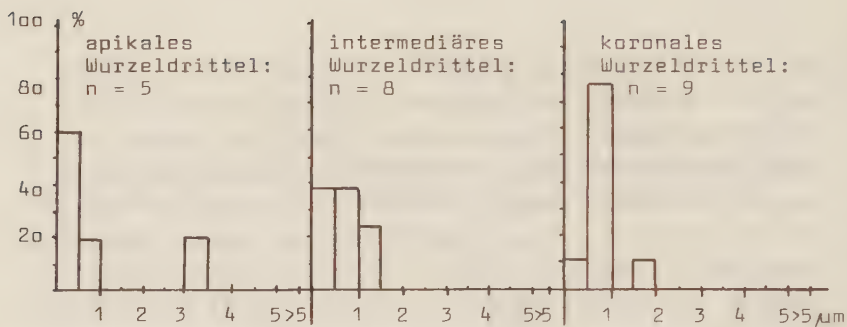


Abb. 16: Minimalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Endométhasone und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=5, intermediäres Drittel: n=8, koronales Drittel: n=9)

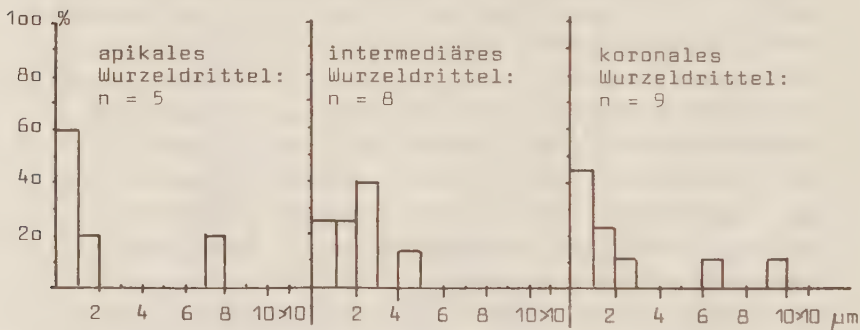


Abb. 17: Maximalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Endométhasone und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=5, intermediäres Drittel: n=8, koronales Drittel: n=9)

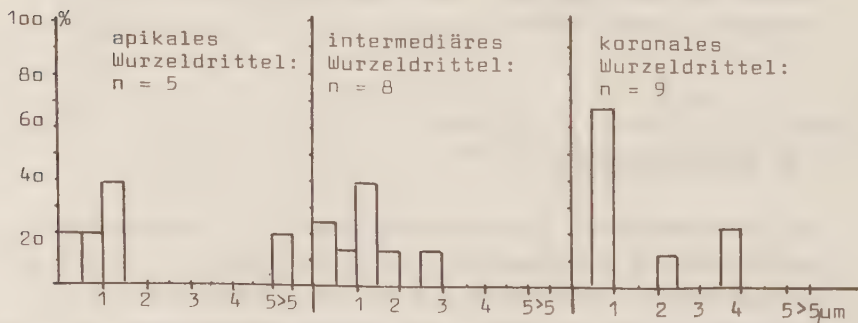


Abb. 18: Durchschnittswerte aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen dem Wurzelfüllmaterial Endométhasone und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=5, intermediäres Drittel: n=8, koronales Drittel: n=9)

der Beurteilung aus. Von den verbliebenen 10 Wurzelkanälen waren im apikalen Drittel 5 (=50%), im intermediären 8 (=80%) und im koronalen Wurzelkanaldrittel 9 (=90%) im Rasterelektronenmikroskop unter den gewählten Bedingungen photographisch dokumentierbar. Dies entspricht bei einer maximal möglichen Bildanzahl von 30 Bildern einer durchschnittlichen Bildausbeute von 73%.

Die Durchmusterung der Photos ergibt, daß das Wurzelfüllmaterial Endométhasone in sich selbst optisch dicht erscheint. Die Minimalabstände von Endométhasone, kleiner als $1\text{ }\mu\text{m}$, liegen bei 80% im apikalen, bei 76%

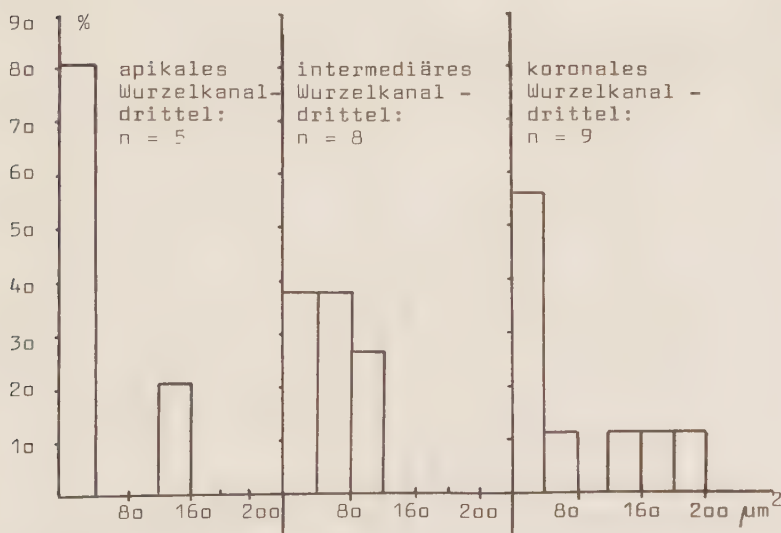


Abb.19: Prozentuale Verteilung der vom Wurzelfüllmaterial Endométhasone und aufbereitetem Dentin begrenzten Flächen von Randspalten in μm^2 , gemessen über eine Bildstrecke von 8 cm (entsprechend einer realen Objektstrecke von $80\text{ }\mu\text{m}$ bei einer Vergrößerung von 1:1000), in Abhängigkeit von ihren Lokalisationen im apikalen, intermediären und koronalen Wurzelkanaldrittel

im intermediären und bei 88% im koronalen Drittel, bezogen auf die Gesamtbeobachtungszahl. Unterhalb der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Marke kommen apikal in 60%, intermediär in 38% und koronal in 11% der beobachteten Fälle Randspalten vor (Abb.16). Die Maximalabstände, die unterhalb der $1\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze liegen, sind im apikalen Bereich mit 60%, im intermediären mit 25% und im koronalen Drittel mit 44% der Fälle vertreten (Abb.17).

Die Durchschnittswerte (Abb.18) aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen Dentin und Endo-

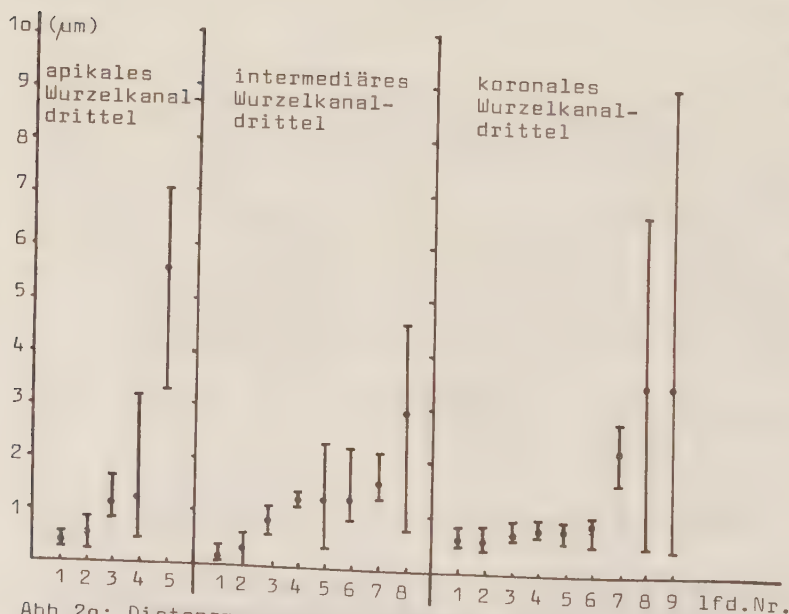


Abb.20: Distanzmessungen zwischen dem Wurzelfüllmaterial Endométhasone und aufbereitetem Dentin mit maximalem Abstand (T), minimalem Abstand (⊥) und Mittelwert (•) aus je zwei Messungen der maximalen und minimalen Abstände

méthasone liegen im Bereich unterhalb der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze apikal bei 20%, intermediär bei 25% und koronal bei 0%, bezogen auf die Gesamtbeobachtungszahl.

Die Messung der beobachteten Randspaltenflächen (Abb.19) ergibt unterhalb der $40\text{ }\mu\text{m}^2$ -Grenze Werte von 80% apikal, von 37% intermediär und 56% koronal. Wird die Grenze bei $80\text{ }\mu\text{m}^2$ gezogen, steigen diese Prozentzahlen intermediär auf 74% und koronal auf 67%, apikal bleiben sie gleich. In Abb. 20 sind die maximalen und minimalen Abstände, und die Mittelwerte aus je zwei Messungen der maximalen und minimalen Randspaltenbreiten graphisch dargestellt. Nur im apikalen und im intermediären Drittel der Wurzelkanäle kommt es in je einem Fall zu einer Randspaltenge-samtbreite unterhalb der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze. Dabei handelt es sich zudem um verschiedene Wurzelkanäle.

Die Röntgenopazität von Endométhasone ist ausreichend. Als Beispiel wird das Röntgenbild eines 12 mit den dazu gehörigen REM-Bildern Nr.31 (apikaler Bereich), Nr. 32 (intermediärer Bereich) und Nr. 33 (koronaler Bereich) angeführt. Im apikalen Drittel ist röntgenologisch ein rundlicher Füllungsdefekt feststellbar, der mikroskopisch aber nicht dokumentiert ist. Die gemessenen Randspaltenbreiten betragen im apikalen Bereich maximal $7,2\text{ }\mu\text{m}$, intermediär $2,2\text{ }\mu\text{m}$ und koronal $1\text{ }\mu\text{m}$. Im apikalen Bereich scheint auch röntgenologisch eine mangelnde Wandständigkeit feststellbar; intermediär ist die stichprobenartig gemessene Wandständigkeit besser als das Röntgenbild vermuten läßt. Aufgrund der stichprobenartigen Messung eines zufallsausgewählten Abschnittes eines Wurzelkanals läßt sich zwar statistisch, nicht aber unbedingt für jeden Einzelfall eine zutreffende Aussage machen.

Vom Zahn 47 mit Endométhasone-Wurzelkanalfüllung ist nur der distale Kanal im apikalen Bereich (REM-Bild Nr. 34) und im koronalen Bereich (REM-Bild Nr. 35) photographisch

dokumentiert. Während die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials sowohl röntgenologisch, als auch mikroskopisch ohne Auffälligkeiten ist, sind die photographisch dokumentierten Füllungsdefekte mit einem größten Durchmesser von ca. 30 μm röntgenologisch nicht zu bestätigen.

4.5. Harvard-Zement^R

Die Wandständigkeit des vor allem bei Wurzelspitzenresektionen intra operationem als Wurzelfüllmaterial verwendeten Harvard-Zementes wurde anhand 6 zufallsverteilter Zähne, darunter 2 Zähne aus dem Front- und 4 Zähne aus dem Seitenzahnbereich mit insgesamt 12 Wurzelkanälen, untersucht. Während der Präparateherstellung schieden 3 Wurzelkanäle (=25%) aus der weiteren Beurteilung aus. Von den verbliebenen 9 Wurzelkanälen waren im apikalen Bereich 7 (=78%), im intermediären 8 (=89%) und im koronalen Drittel 6 (=67%) im Rasterelektronenmikroskop unter den gewählten Bedingungen photographisch dokumentierbar. Allerdings traten in allen Präparaten Haarnadelrisse auf, so daß Artefaktbildungen in keinem Fall sicher ausgeschlossen waren. Eine weitere Schwierigkeit ist die relativ kleine Verarbeitungsbreite, und bedingt durch das relativ schnelle Abbinden, die fehlende Korrekturmöglichkeit der Wurzelkanalfüllung.

Die Durchmusterung der Photos ergibt, daß das Wurzelfüllmaterial Harvard-Zement in sich selbst optisch nicht als dicht erscheint. Harvard-Zement bildet nach dem Erstarren ein System miteinander kommunizierender Hohlräume, die nur dentinwärts von einer dünnen Schale mehr oder weniger

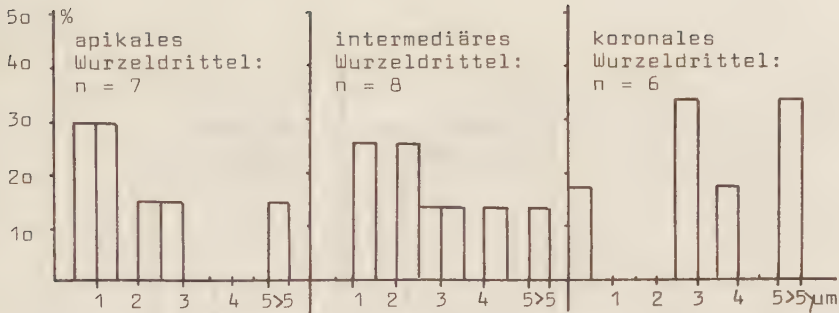


Abb.21: Minimalabstände zwischen aufbereitetem Dentin und dem Wurzelfüllmaterial Harvard-Zement in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=7, intermediäres Drittel: n=8, koronales Drittel: n=6)

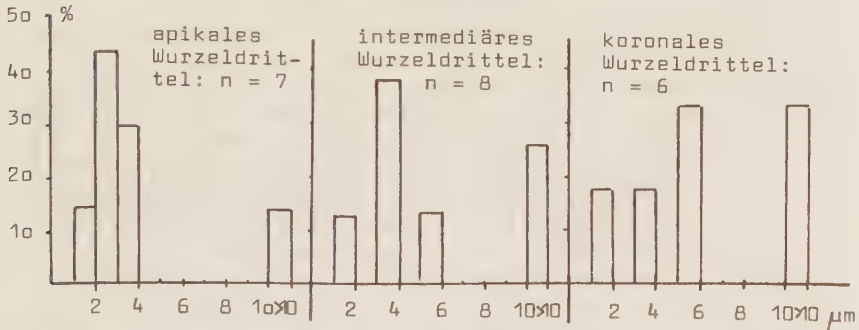


Abb.22: Maximalabstände zwischen dem Wurzelfüllmaterial Harvard-zement und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=7, intermediäres Drittel: n=8, koronales Drittel: n=6)

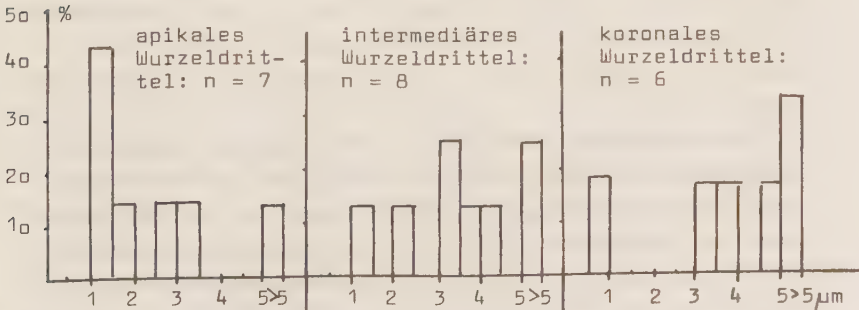


Abb.23: Durchschnittswerte aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen dem Wurzelfüllmaterial Harvard-Zement und aufbereitetem Dentin in μm und Prozent der untersuchten Gesamtzahl (apikales Drittel: n=7, intermediäres Drittel: n=8, koronales Drittel: n=6)

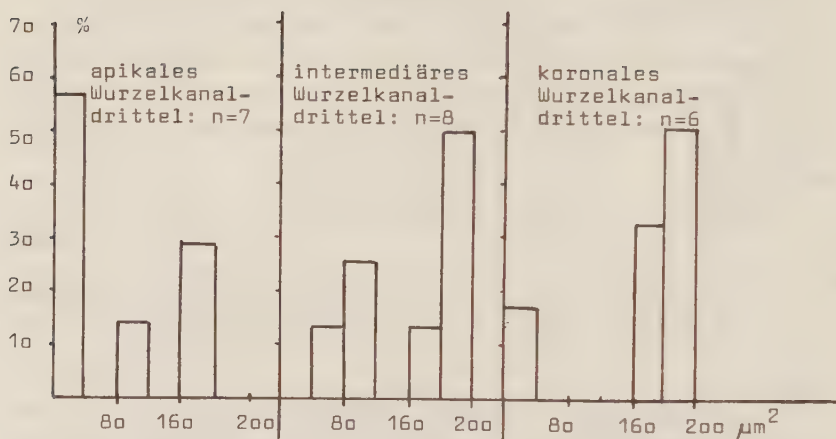


Abb.24: Prozentuale Verteilung der vom Wurzelfüllmaterial Harvard-Zement und aufbereitetem Dentin begrenzten Flächen von Randspalten in μm^2 , gemessen über eine Bildstrecke von 8 cm (entsprechend einer realen Objektstrecke von 80 μm bei einer Vergrößerung von 1:1000), in Abhängigkeit von ihren Lokalisationen im apikalen, intermediären und koronalen Wurzelkanaldrittel

homogenen Materials umgeben sind, durch die sich die oben beschriebenen haarfeinen Risse ziehen. Es läßt sich dabei nicht entscheiden, ob diese Rißbildungen im Zuge des Abbindens des Zementes oder bei der Präparateherstellung entstehen.

Die Minimalabstände unterhalb der 1 μm -Marke liegen im apikalen Bereich bei 29% und im koronalen bei 17% der Fälle; im intermediären Bereich liegen alle Beobachtungen über der 1 μm -Grenze. Zieht man die Beobachtungsgrenze bei 0,5 μm , liegen nur noch 17% der Beobachtungen im koronalen Bereich unter dieser Grenze (Abb.21).

Die Maximalabstände, die mit ihren größten Werten noch

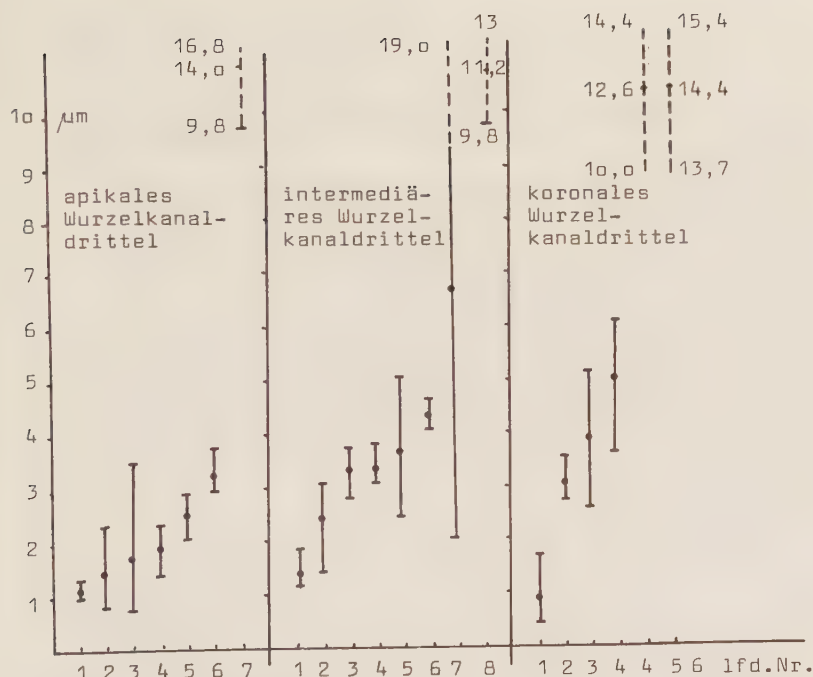


Abb.25: Distanzmessungen zwischen dem Wurzelfüllmaterial Harvard-Zement und aufbereitetem Dentin mit maximalem Abstand (T), minimalem Abstand (⊥) und Mittelwert (•) aus je zwei Messungen der maximalen und minimalen Abstände

unterhalb der 1 µm-Grenze liegen, kommen in keiner der drei beobachteten Zahnwurzelregionen vor (Abb.22). Da - gegen weisen die mit Harvard-Zement gefüllten Wurzel - kanäle apikal in 14%, intermediär in 25% und koronal in 33% der Fälle Randspalten auf, deren größte Breiten über der 10 µm-Marke liegen.

Die Durchschnittswerte (Abb.23) aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen Dentin und Har-

vard-Zement liegen im Bereich unterhalb der $0,5 \mu\text{m}$ -Grenze in allen drei Abschnitten der stichprobenartig untersuchten Wurzelkanäle bei 0%. Über der $5 \mu\text{m}$ -Grenze liegen sie dagegen apikal in 14%, intermediär in 25% und koronal in 33% der Fälle.

Die Messung der beobachteten Randspaltenflächen (Abb.24) ergibt unterhalb der $40 \mu\text{m}^2$ -Grenze Werte von 57% apikal und 17% koronal. Im intermediären Bereich liegen 13% aller Fälle zwischen 40 und $80 \mu\text{m}^2$.

In Abb. 25 sind die maximalen und minimalen Abstände, und die Mittelwerte aus je zwei Messungen der maximalen und minimalen Randspaltenbreiten graphisch dargestellt. Dabei fällt auf, daß in keinem einzigen Fall eine Randspaltenbildung mit einer Gesamtbreite unterhalb der $0,5 \mu\text{m}$ -Grenze zu beobachten ist.

Die Röntgenopazität von Harvard-Zement ist gut.

Als Beispiele werden die REM-Bilder Nr. 36 (apikaler Bereich), Nr.37 (intermediärer Bereich) und Nr.38 (koronaler Bereich) des palatinalen Wurzelkanals eines 27 mit dem entsprechenden Röntgenbild verglichen. Die mikroskopisch gemessenen maximalen Randspaltenbreiten bis zu $3,5 \mu\text{m}$ finden keine Entsprechung im Röntgenbild. Die REM-Bilder zeigen außerdem ganz deutlich die Porosität des Harvard-Zementes, mit feinsten Rißbildungen im Außenmantel.

Als weiteres Beispiel ist der Vergleich zwischen dem Röntgenbild eines 22 und den REM-Bildern Nr. 39 (apikaler Bereich) und Nr. 40 (intermediärer Bereich) mit Randspaltenbreiten bis zu $4,6 \mu\text{m}$ angeführt. Auch hier ergibt sich im Röntgenbild keinerlei Anhaltspunkt für mangelnde Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials. Die REM-Bilder zeigen auch hier sehr deutlich die Brüchigkeit und die Bildung von Hohlräumen innerhalb des Harvard-Zementes.

5. Diskussion der Ergebnisse

Folgende Gesichtspunkte spielen in der Diskussion der Ergebnisse eine Rolle:

- die Wandständigkeit des einzelnen Wurzelfüllmaterials
- der Vergleich zwischen den fünf untersuchten Wurzelfüllmaterialien untereinander
- und die Aussagekraft der röntgenologischen Dokumentation im Vergleich mit den im Rasterelektronenmikroskop stichprobenartig gemessenen Randspaltenbreiten.

Als Maß für die Wandständigkeit eines Wurzelfüllmaterials werden die in einem Bildabschnitt beobachteten Maximalabstände zwischen Füllmaterial und aufbereitetem Dentin genommen, die unter $1\text{ }\mu\text{m}$ Gesamtbreite aufweisen. Diese Beobachtungen werden ergänzt durch die über eine Bildstrecke von 8 cm Länge gemessene Randspaltenfläche. Die Beobachtungsgrenze wird bei durchschnittlich $0,5\text{ }\mu\text{m}$ Randspaltenbreite gezogen, was einer Fläche von maximal $40\text{ }\mu\text{m}^2$ entspricht, bezogen auf die zugrunde gelegte Beobachtungstrecke von 8 cm Bildstrecke (entsprechend $80\text{ }\mu\text{m}$ Objektstrecke bei einer Vergrößerung von 1:1000).

Zum Vergleich der 5 Wurzelfüllmaterialien untereinander werden die aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen Dentin und Füllmaterialien gewonnenen Durchschnittswerte herangezogen, die unterhalb der $0,5\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze liegen. Ebenfalls miteinander verglichen werden die Flächen der beobachteten Randspalten unterhalb der $40\text{ }\mu\text{m}$ -Grenze entsprechend den oben angeführten Kautelen.

Der Vergleich zwischen den gemessenen Randspaltenbreiten und deren röntgenologischer Dokumentation erfolgt deskriptiv anhand der aufgeführten Beispiele.

Die Maximalabstände zwischen Dentin und Wurzelfüllmaterial, die unter $1\text{ }\mu\text{m}$ Gesamtbreite liegen, sind in Abb. 26 gra-



Abb.26: Prozentualer Anteil der Maximalabstände unter 1 µm zwischen aufbereitetem Dentin und den Wurzelfüllmaterialien Diaket (D), Gangraena-Merz (G), N2-Sargenti (N2), Endométhasone (E) und Harvard-Zement (H), jeweils bezogen auf die Gesamtzahl (n) der Beobachtungen, und den Beobachtungsbereich innerhalb des Wurzelkanals

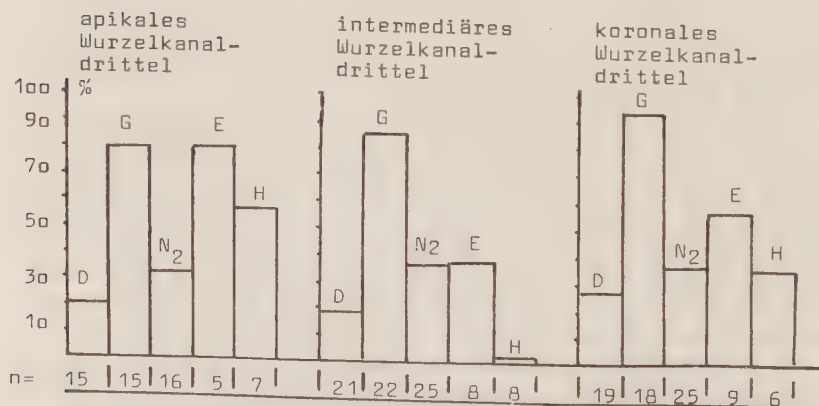


Abb.27: Prozentualer Anteil der Randspaltenflächen unter 40 µm² zwischen aufbereitetem Dentin und den Wurzelfüllmaterialien Diaket (D), Gangraena-Merz (G), N2-Sargenti (N2), Endométhasone (E) und Harvard-Zement (H), jeweils bezogen auf die Gesamtzahl (n) der Beobachtungen und den Beobachtungsbereich innerhalb des Wurzelkanals

phisch dargestellt. Abb. 27 zeigt die Randspaltenflächen der einzelnen Wurzelfüllmaterialien, die unter den ge - wählten Bedingungen kleiner als $40 \mu\text{m}^2$ sind.

Für Diaket liegen die Prozentzahlen der maximalen Ab - stände, die unterhalb der $1 \mu\text{m}$ -Grenze angesiedelt sind, apikal bei 20%, intermediär bei 10% und koronal bei 32% der beobachteten Fälle. Die Randspaltenflächen für Diaket betragen in 20% der Fälle apikal, in 19% und 26% der Fäl - le intermediär und koronal weniger als $40 \mu\text{m}^2$. Diese Werte streuen mit Ausnahme der Werte im intermediären Bereich um ca. 20%, d.h. nur jede 5. Wurzelfüllung mit Diaket genügt in etwa den gestellten Forderungen.



Abb.28: Prozentualer Anteil der Mittelwerte unter $0,5 \mu\text{m}$ aus den doppelt bestimmten maximalen und minimalen Abständen zwischen aufbereitetem Dentin und den Wurzelfüllmaterialien Diaket (D), N₂-Sargenti (N₂), Endométhasone (E), Gangraena-Merz (G) und Harvard-Zement (H), jeweils bezogen auf die Ge - samtzahl der Beobachtungen (n) und den Beobachtungsbereich innerhalb des Wurzelkanals

Für Gangraena-Merz liegen die Prozentzahlen der maximalen Abstände, die unterhalb der $1\mu\text{m}$ -Grenze liegen, bei 60% apikal, bei 82% intermediär und 89% koronal. Die Randspaltenflächen betragen in 80% der Fälle apikal, in 85% intermediär und sogar in 94% der Fälle koronal weniger als $40\mu\text{m}^2$. Mit Ausnahme der maximalen Abstände im apikalen Bereich liegen alle diese Werte bei 80% oder höheren Prozentzahlen, d.h. daß durchschnittlich in 4 von 5 Fällen den gestellten Forderungen Genüge getan ist. Durchgehende Randspalten über die gesamte Bildfläche werden in keinem einzigen Fall beobachtet. Gangraena-Merz erfüllt außerdem als einziges der untersuchten Wurzelfüllmaterialien die gestellten Forderungen auch in zwei oder allen drei untersuchten Abschnitten der jeweiligen Wurzelkanäle.

Darüber hinaus fällt auf, daß im Bereich des nicht aufbereiteten Dentins Material mit ähnlicher optischer Beschaffenheit lagert wie im Wurzelkanal selbst. Die Folge davon ist eine schwammige Verwischung der sonst bei anderen Wurzelfüllmaterialien eindeutig beurteilbaren Strukturen des Dentins. Da ein Verfließen des Wurzelfüllmaterials nach der Präparateherstellung ausgeschlossen erscheint, wären als plausible Erklärungen nur anzuführen, daß entweder im Zuge der relativ hochtourigen Einbringung des Wurzelfüllmaterials (2000 - 3000 U/min.) in den Wurzelkanal durch den daraus resultierenden hohen intraluminalen Druck Material stellenweise in die Dentinkanälchen eingepresst und dann bei der Präparateherstellung dort verwischt wird, oder daß vor dem endgültigen Abbinden des Wurzelfüllmaterials einzelne Komponenten in den Bereich des Dentins bzw. der Dentinkanälchen diffundiert sind. Wie tief diese Erscheinungen in das Dentin reichen, ist nicht feststellbar, da die zur Präparateherstellung angebrachten Fräsrillen im peripheren Bereich in diese Veränderungen nahtlos übergehen.

Für N₂-Sargenti liegen die Maximalabstände zwischen Dentin und Wurzelfüllmaterial im Bereich unter 1 μ m zwischen 16% und 20% (apikal 19%, intermediär 16%, koronal 20%) der beobachteten Fälle. Die Randspaltenflächen unter 40 μ m² liegen apikal bei 31%, intermediär bei 36% und koronal bei 36% der beobachteten Fälle. Die Diskrepanz zwischen den Prozentzahlen der Maximalabstände und denen der Randspaltenflächen läßt sich bei der Bildbeurteilung damit erklären, daß der Verlauf der die Randspalten begrenzenden Seitenflächen unregelmäßig ist, mit kleinsten Maximalabständen, die über der 1 μ m-Grenze liegen, aber dennoch relativ kleinen Flächendurchschnittswerten.

Für Endométhasone liegen die Maximalabstände im Bereich unter 1 μ m zwischen 25% und 60% (apikal 60%, intermediär 25%, koronal 44%). Die Randspaltenflächen unter 40 μ m² schwanken zwischen 80% apikal, 37% intermediär und 56% koronal, bezogen auf die Gesamtbeobachtungszahl.

Die hohen Schwankungen beruhen auf der relativ kleinen Fallzahl. Bereits eine einzelne Beobachtung drückt sich dabei relativ stark aus.

Das gleiche gilt für das Wurzelfüllmaterial Harvard-Zement. Bei den Maximalabständen liegt keine einzige Beobachtung unterhalb der 1 μ m-Grenze. Bei den Randspaltenflächen liegen im apikalen Bereich 57%, intermediär 0% und koronal 17% der Fälle unterhalb der 40 μ m²-Grenze. Dabei sind Artefaktbildungen aufgrund der Brüchigkeit des Materials nicht mit Sicherheit auszuschließen. Die Außenhaut des Wurzelfüllmaterials durchziehen haarfeine Risse. Auch in sich selbst kann es nicht als dicht bezeichnet werden, da es aus einem kommunizierenden System von Hohlräumen besteht.

Gesetzmäßige Abhängigkeiten in der Güte der Wandständigkeit der fünf Wurzelfüllmaterialien vom jeweils beobachteten Abschnitt des Wurzelkanals lassen sich nicht erkennen.

Unterscheidungen in der Wandständigkeit der Wurzelfüllmaterialien in Wurzelkanälen von Frontzähnen oder Zähnen aus dem Seitenzahnbereich können aufgrund der aus dem Extraktionsgut resultierenden geringen Fallzahl von Frontzähnen nicht getroffen werden.

Zum Vergleich der einzelnen Füllmaterialien untereinander, werden die Randspaltenflächen und der Durchschnittswert aus den zwei kleinsten und zwei größten Randspaltenbreiten miteinander verglichen (Abb. 27 und 28). Dabei schneidet Gangraena-Merz sowohl was die Randspaltenflächen, als auch was die Durchschnittswerte der Randspaltenbreiten betrifft, in allen drei Bereichen des Wurzelkanals mit Werten zwischen 60% und 95% der Beobachtungen innerhalb der gezogenen Grenzen, am besten ab. Endométhasone, und auch Harvard-Zement im apikalen und koronalen Bereich, weisen einen sehr guten Prozentsatz der Gesamtbeobachtungen innerhalb der für Randspaltenflächen gezogenen Grenzen auf. Werden diese Ergebnisse aber mit den Mittelweltergebnissen verglichen, liegt Harvard-Zement in allen drei Bereichen des Wurzelkanals bei 0%. Endométhasone weist apikal und intermediär mit 20% und 25% der Fälle noch akzeptable Ergebnisse auf, die etwa in der Größenordnung der Prozentzahlen von Diaket und N₂-Sargenti liegen. Koronal liegen alle Durchschnittswerte für Endomethasone außerhalb der gezogenen Grenze. Die relativ geringe Fallzahl der Beobachtungen bei Endométhasone und Harvard-Zement bildet bei der vergleichenden Beurteilung allerdings einen gewissen Unsicherheitsfaktor. Der Vergleich der Randspaltenflächen zwischen Diaket und N₂-Sargenti fällt zugunsten des N₂-Sargenti aus. Im apikalen Drittel liegen die Prozentzahlen für die Fälle innerhalb der Beobachtungsgrenze von Diaket zu N₂-Sargenti bei 20% zu 31%, im intermediären Wurzelkanaldrittel bei 19% zu 31%, im koronalen Wurzelkanaldrittel bei 26% zu 36%. Bei ungefähr gleicher Fallzahl liegen also die Werte für N₂-Sargenti durchschnittlich um 10% der Gesamtbeobachtungs-

zahl höher. Auch der Vergleich der durchschnittlichen Abstände fällt mit Ausnahme des koronalen Wurzelkanaltritts leicht zugunsten des N₂-Sargenti aus. Im apikalen Kanaldrittel liegen die Prozentzahlen der Fälle innerhalb der Beobachtungsgrenze von Diaket zu N₂-Sargenti bei 7% zu 19%, intermediär bei 10% zu 16% und koronal bei 21% zu 12%. Beide Füllungsmaterialien liegen damit aber deutlich unter den Werten von Gangraena-Merz, und unter dem einschränkenden Hinweis auf die relativ kleine Beobachtungszahl, auch zum Teil unter den Randspaltenflächenwerten von Endométhasone. Harvard-Zement weist von allen untersuchten Wurzelfüllmaterialien insgesamt die schlechtesten Ergebnisse auf; auch die Einschränkung, daß ähnlich wie bei Endométhasone nur eine relativ kleine Fallzahl zur Beobachtung kam, erscheint uninteressant, da das Material in sich selbst nicht dicht ist.

Der Vergleich zwischen stichprobenartig ausgewählten und rasterelektronenmikroskopisch dokumentierten Randspalten zwischen aufbereitetem Dentin und Wurzelfüllmaterial und den dazugehörigen Röntgenbildern ergibt, daß beide Dokumentationsarten innerhalb vernünftiger Grenzen keinerlei Beziehungen zueinander aufweisen. Das Röntgenbild ist selbst unter in-vitro Bedingungen nicht in der Lage, Randspaltenbreiten unter 10 µm zu dokumentieren. Selbst blasige Füllungsdefekte innerhalb des Wurzelfüllmaterials bis zu 30 µm finden im Röntgenbild kein Korrelat. Andererseits scheint das Röntgenbild Randspalten aufzuzeigen, die in den allerdings nur stichprobenartig erfolgten REM-Messungen keine Bestätigung finden (im Anhang: REM-Bild Nr. 8 bis Nr. 40, nebst dazugehörigen Röntgenbildern).

6. Zusammenfassung

Von Oktober bis Dezember 1980 wurden an 70 extrahierten, menschlichen Zähnen des bleibenden Gebisses Untersuchungen zur Dichte und Wandständigkeit der erstarrenden Wurzelfüllmaterialien Diaket, Gangraena-Merz, N₂-Sargenti, Endométhasone und Harvard-Zement unter Zuhilfenahme eines Raster - elektronenmikroskopes durchgeführt.

Die Zuteilung der Zähne zu den Wurzelfüllmaterialien erfolgte unabhängig von der Indikation zur Extraktion durch Zufallsverteilung. Unter Zuhilfenahme der Röntgenmeßtechnik wurden die Wurzelkanäle mit Handinstrumenten aufbereitet, gefüllt und röntgenologisch dokumentiert.

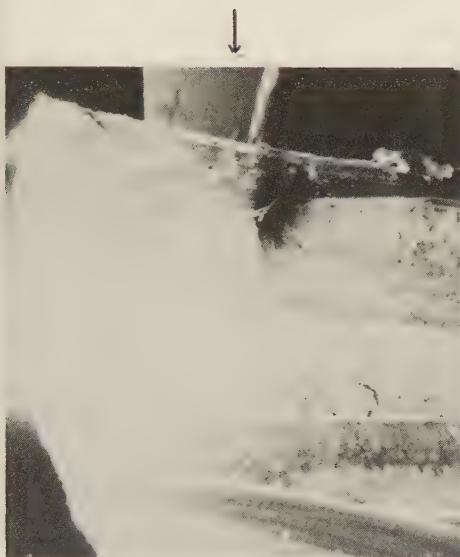
Durch die Präparateherstellung zur rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung, und aufgrund der geforderten Dokumentationsbedingungen, schieden in Abhängigkeit von der Art des untersuchten Wurzelfüllmaterials zwischen 34% und 59% der potentiell auswertbaren Meßpunkte aus der weiteren Untersuchung aus.

Die Wandständigkeit und Dichte der Wurzelfüllmaterialien wurde mithilfe eines Rasterelektronenmikroskopes unter einer Vergrößerung von 1:1000 und möglichst senkrechtem Aufblick auf den Grenzbereich zwischen aufbereitetem Dentin und Wurzelfüllmaterial stichprobenartig untersucht. Mithilfe eines Planimeters wurde versucht, in Doppelbestimmungen die beobachteten Randspaltenbreiten mit ihren kleinsten und größten Werten, sowie den daraus resultierenden Mittelwerten, numerisch zu erfassen. Zur Objektivierung wurden außerdem in Dreifach-Messungen die Randspaltenflächen über einer definierten Grundstrecke errechnet.

Dabei wies Gangraena-Merz hinsichtlich der Wandständigkeit die besten Ergebnisse auf. In weitem Abstand folgte N₂-Sargenti, dann Diaket. Endométhasone wies hinsichtlich der Wandständigkeit in etwa gleiche, zum Teil sogar bessere Ergebnisse als N₂-Sargenti und Diaket auf. Die relativ

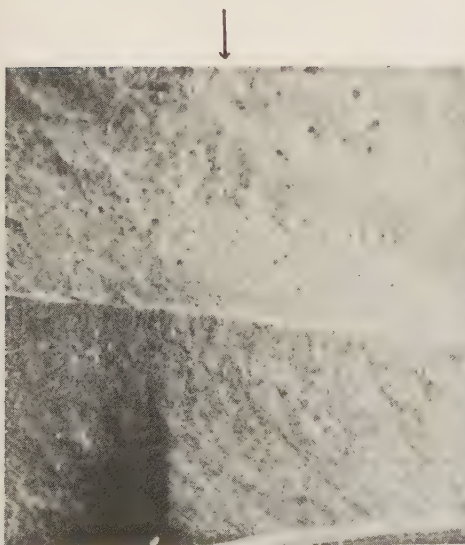
geringe Fallzahl ermöglicht aber keinen direkten Vergleich mit den vorgenannten Materialien. Am schlechtesten schnitt Harvard-Zement ab, der weder durch Wandständigkeit, noch im Gegensatz zu den anderen genannten Wurzelfüllmaterialien, hinsichtlich der Materialdichte zu befriedigen vermochte. Signifikante Unterschiede der Wandständigkeit zwischen apikalem, intermediärem und koronalem Drittel der Wurzelkanäle, in Abhängigkeit vom jeweils verwendeten Wurzelfüllmaterial, konnten nicht festgestellt werden. Aufgrund der im Extraktionsgut vorhandenen geringen Anzahl von Frontzähnen, ließen sich keine Vergleiche in der Wandständigkeit der untersuchten Wurzelfüllmaterialien in Wurzelkanälen von Front- oder Seitenzähnen anstellen. Die röntgenologische Dokumentation der Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien hat innerhalb vernünftiger Grenzen, die durch die Größe der "üblichen" Bakterien vorgegeben sind, keine Aussagekraft.

7. A n h a n g

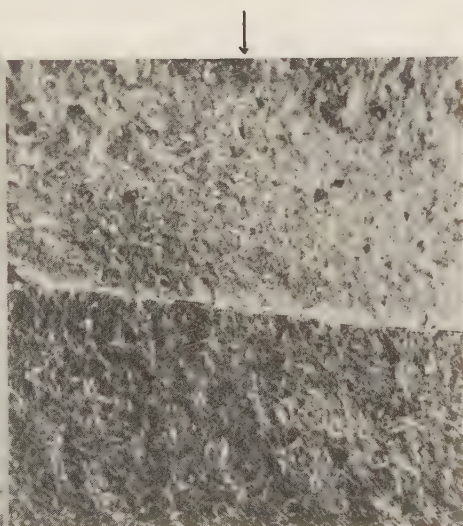


REM-Bild Nr.1: Vergrößerung 1:20
(Lupenvergrößerung)

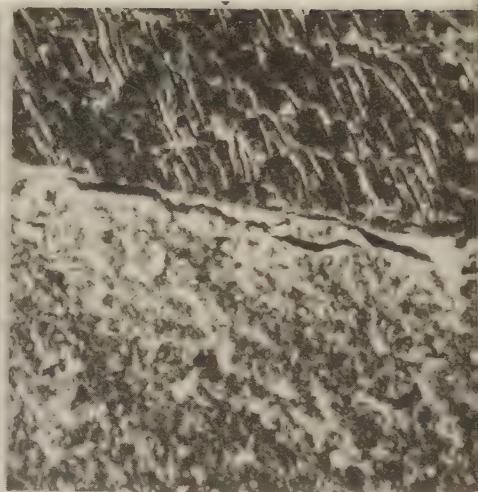
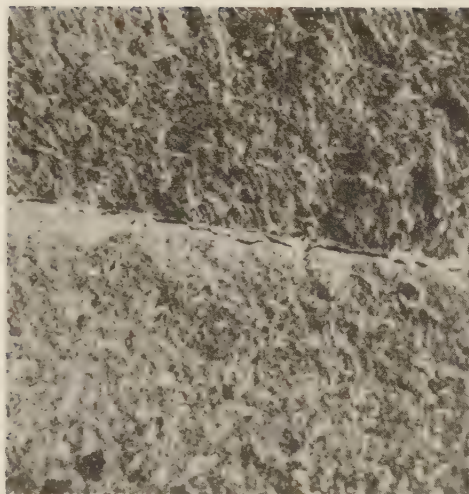
REM-Bild NR.1-7: Beispielhafter elektronenmikroskopischer Untersuchungsgang anhand des Wurzelkanals eines 14 mit N -Sargenti-Wurzelfüllung. Ausgewählt wurde eine markante Stelle (Randbruch des Wurzelfüllmaterials) zur besseren Orientierung, und über alle Vergrößerungsstufen bis 1:2000 dokumentiert. Der Schnittpunkt der Senkrechten, von den Markierungen am Bildseitenrand aus gefällt, stellt ungefähr den Fixpunkt über alle Vergrößerungsstufen hinweg, dar.



REM-Bild Nr.2: Vergrößerung 1:50

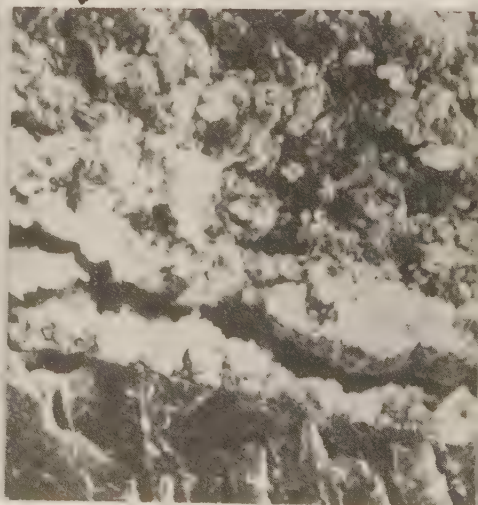


REM-Bild Nr.3: Vergrößerung 1:100



REM-Bild Nr.4: Vergrößerung 1:200

REM-Bild Nr.5: Vergrößerung 1:500



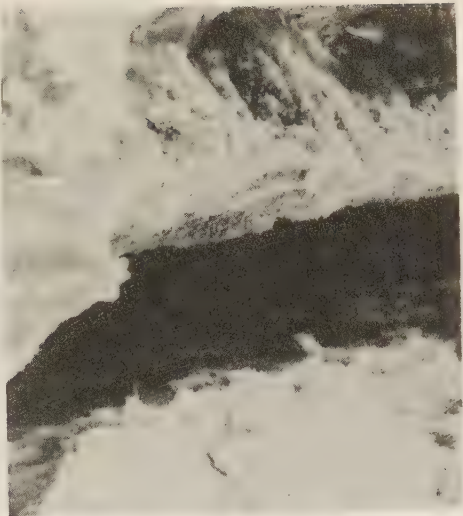
REM-Bild Nr.6: Vergrößerung 1:1000
(für die Arbeit verwendete Ver -
größerung)

REM-Bild Nr.7: Vergrößerung 1:2000

Vergleich zwischen Röntgen-
bild und REM-gemessenen
Randspaltenbreiten des Wur-
zelfüllmaterials Diaket
anhand des mesialen Wurzel-
kanals eines 47



Röntgenbild eines 47:
Wurzelfüllung mit Diaket



REM-Bild Nr.8: apikaler Bereich des
mesialen Kanals eines 47
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.9: intermediärer
Bereich des mesialen Kanals
eines 47. Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.10: koronaler Bereich
des mesialen Kanals eines 47
Vergrößerung 1:1000

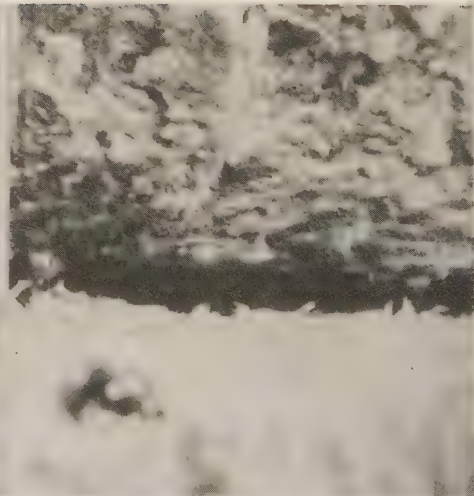
Vergleich zwischen Röntgen-
bild und rasterelektronen-
mikroskopisch gemessenen
Randspaltenbreiten des Wur-
zelfüllmaterials Diaket,
anhand des mesiobukkalen
und palatinalen Kanals
eines 16



Röntgenbild eines 16: Wur-
zelfüllung mit Diaket



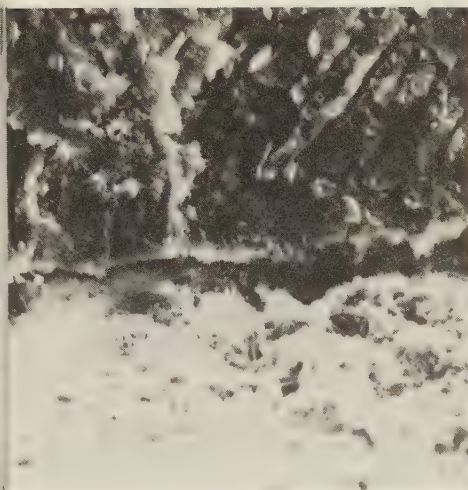
REM-Bild Nr.11: apikaler Be-
reich des mesiobukkalen Ka-
nals eines 16
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.12: intermediärer
Bereich des mesiobukkalen Kanals
eines 16
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.13: apikaler Bereich
des palatinalen Kanals eines 16
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.14: intermediärer
Bereich des palatinalen Kanals
eines 16
Vergrößerung 1:1000

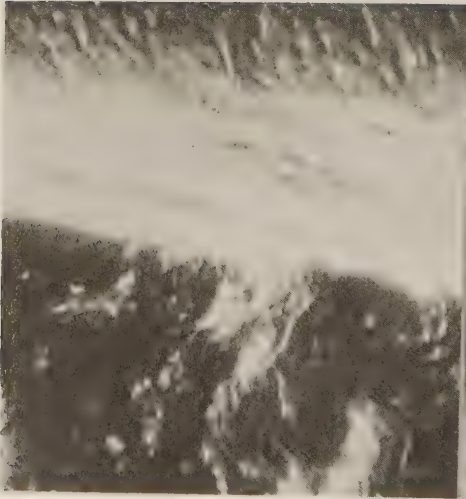


REM-Bild Nr.15: koronaler Be-
reich des palatinalen Kanals
eines 16
Vergrößerung 1:1000

Vergleich zwischen Röntgenbild und rasterelektronenmikroskopisch beobachteten Randspaltenbreiten des Wurzelfüllmaterials Gangraena-Merz, anhand des Wurzelkanals eines 12



Röntgenbild eines 12: Wurzelfüllung mit Gangraena-Merz



REM-Bild Nr.16: intermediärer Bereich des Wurzelkanals eines 12
Vergrößerung 1:1000

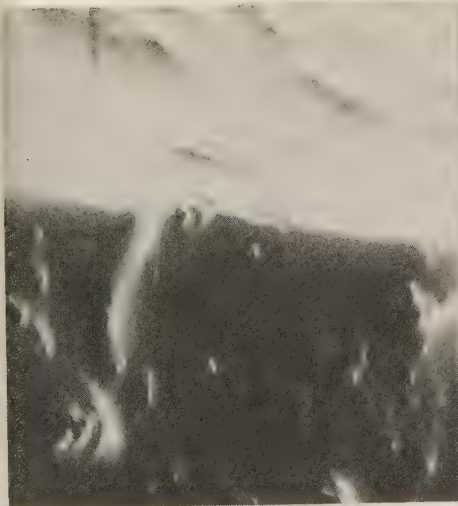


REM-Bild Nr.17: koronaler Bereich des Wurzelkanals eines 12
Vergrößerung 1:1000

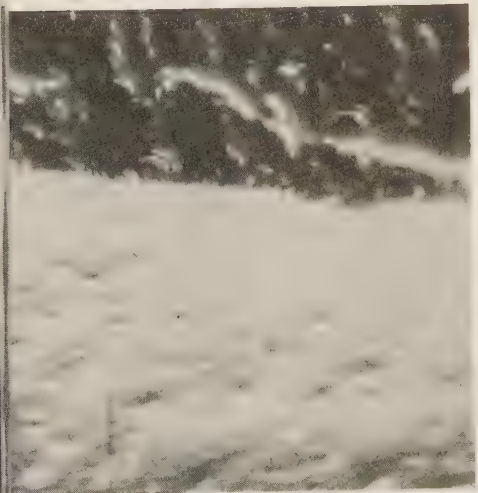
Vergleich zwischen Röntgenbild und rasterelektronenmikroskopisch beobachteten Randspaltenbreiten des Wurzelfüllmaterials Gan - raena-Merz, anhand des apikalen und intermediären Bereiches des mesialen Kanals, und des apikalen und koronalen Bereiches des distalen Kanals eines 46



Röntgenbild eines 46: Wurzelfüllung mit Gangraena-Merz



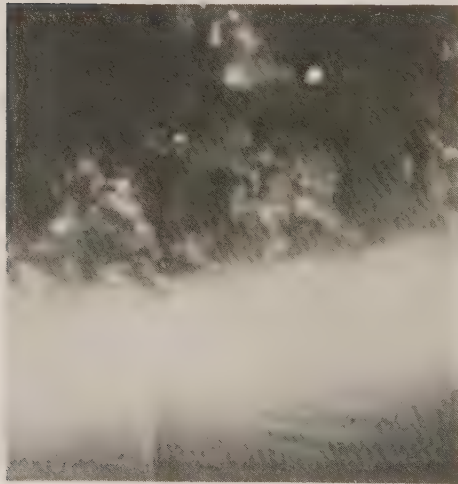
REM-Bild Nr. 18: apikaler Bereich des mesialen Wurzelkanals eines 46
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr. 19: intermediärer Bereich des mesialen Wurzelkanals eines 46
Vergrößerung 1:1000
(Fortsetzung nächste Seite)



REM-Bild Nr.20: apikaler Bereich des
distalen Wurzelkanals eines 46
Vergrößerung 1:1000

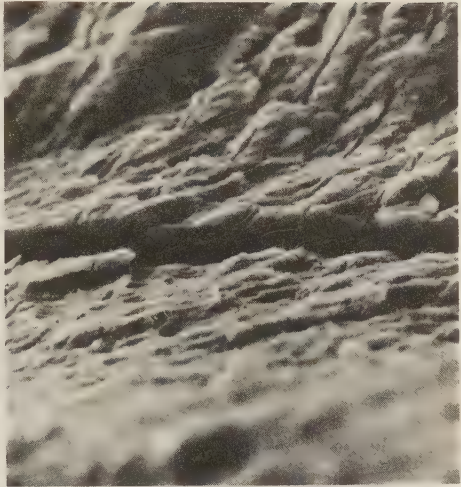


REM-Bild Nr.21: koronaler Bereich des
distalen Wurzelkanals eines 46
Vergrößerung 1:1000

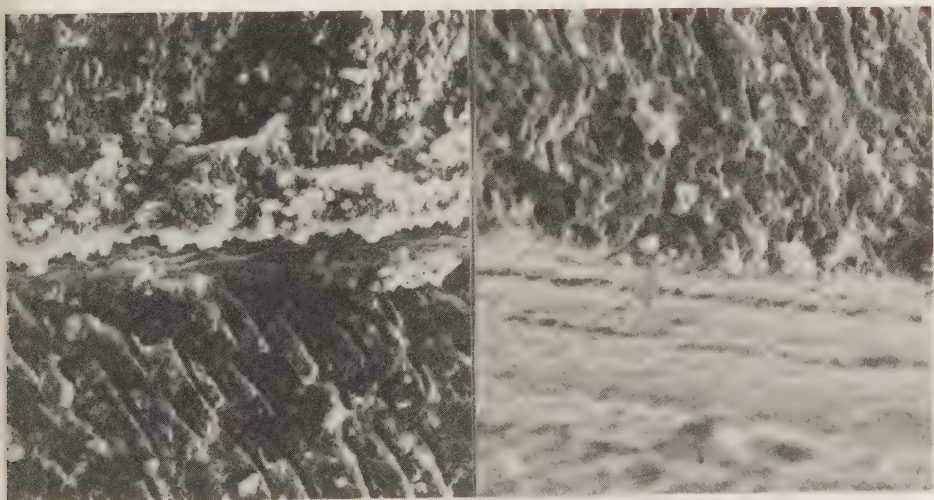
Vergleich zwischen Röntgenbild und rasterelektronenmikroskopisch beobachteten Randspaltenbreiten des Wurzelfüllmaterials N₂ - Sargenti anhand des Wurzelkanals eines 25



Röntgenbild eines 25: Wurzelfüllung mit N₂-Sargenti



REM-Bild Nr.22: apikaler Bereich des Wurzelkanals eines 25
Vergrößerung 1:1000



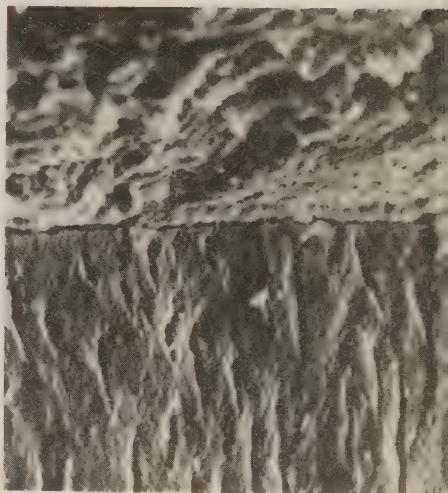
REM-Bild Nr.23: intermediärer Bereich des Wurzelkanals eines 25. Vergrößerung 1:1000

REM-Bild Nr.24: koronaler Bereich des Wurzelkanals eines 25
Vergrößerung 1:1000

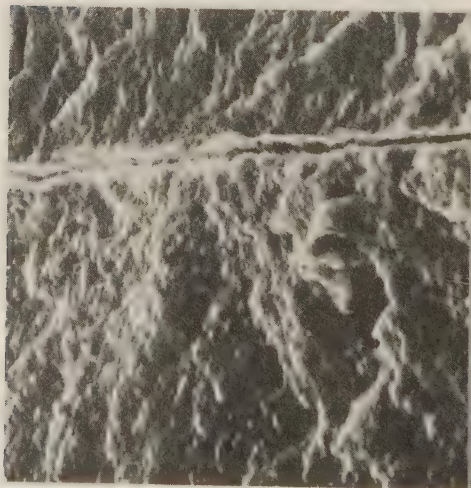
Vergleich zwischen Röntgenbild
und rasterelektronenmikro -
skopisch beobachteten Randspal -
tenbreiten des Wurzelfüll -
materials N₂-Sargenti anhand
des Wurzelkanals eines 14



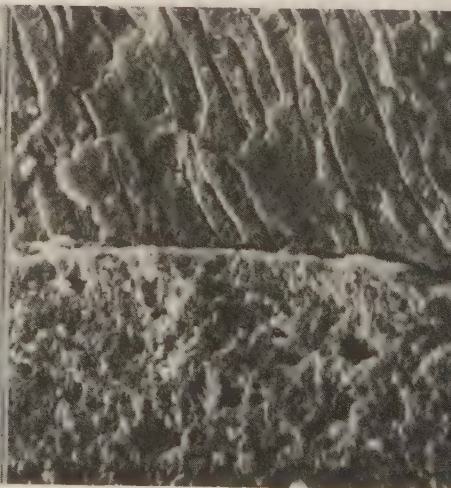
Röntgenbild eines 14: Wurzel-
kanalfüllung mit N₂-Sargenti



REM-Bild Nr.25: apikaler Bereich
des Wurzelkanals eines 14
Vergrößerung 1:1000

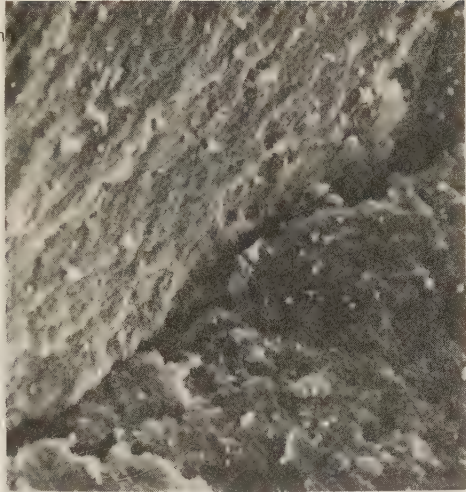


REM-Bild Nr.26: intermediärer Be-
reich des Wurzelkanals eines 14
Vergrößerung 1:1000



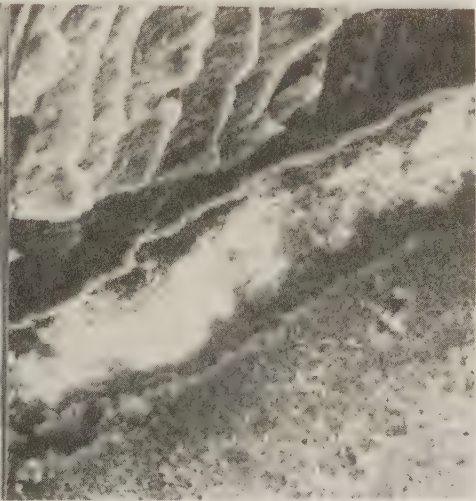
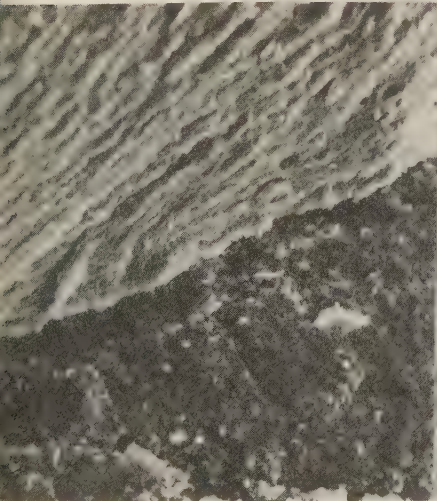
REM-Bild Nr.27: koronaler Bereich
des Wurzelkanals eines 14
Vergrößerung 1:1000

Vergleich zwischen Röntgenbild
und rasterelektronenmikroskopisch
beobachteten Randspaltenbreiten
des Wurzelfüllmaterials N₂-Sargenti
anhand des distalen Wurzelkanals
eines 37



Röntgenbild eines 37: Wurzel-
kanalfüllung mit N₂-Sargenti

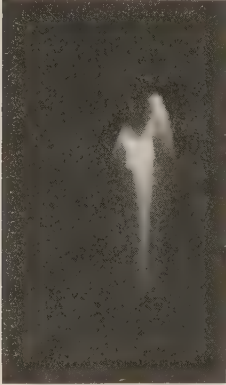
REM-Bild Nr.28: apikaler Bereich
des distalen Kanals eines 37
Vergrößerung 1:1000



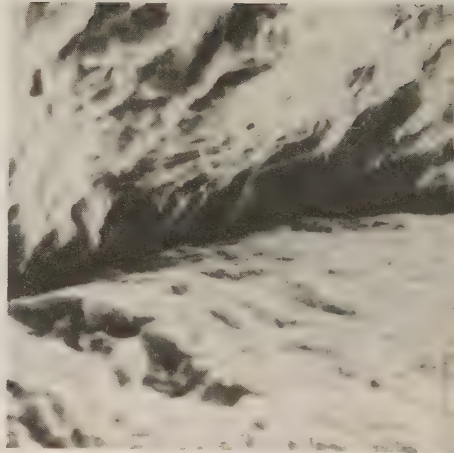
REM-Bild Nr.29: intermediärer Be-
reich des distalen Kanals eines 37
Vergrößerung 1:1000

REM-Bild Nr.30: koronaler Bereich
des distalen Kanals eines 37
Vergrößerung 1:1000

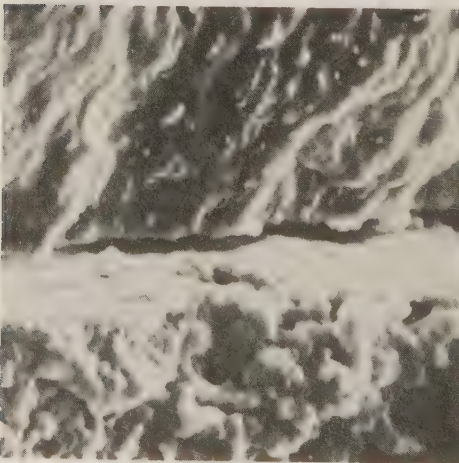
Vergleich zwischen Röntgen-
bild und rasterelektronen -
mikroskopisch beobachteten
Randspaltenbreiten des Wur-
zelfüllmaterials Endo-
méthasone anhand des Wur-
zelkanals eines 12



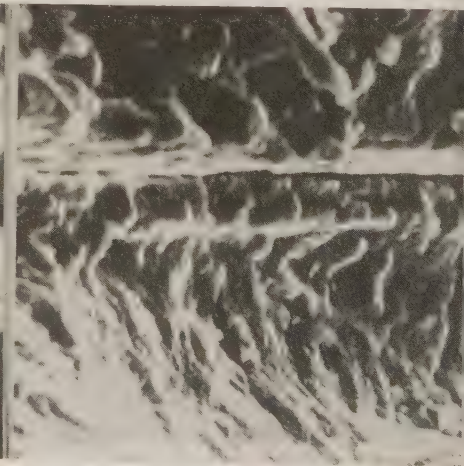
Röntgenbild eines 12: Wurzel-
kanalfüllung mit Endométhasone



REM-Bild Nr.31: apikaler Bereich d
Wurzelkanals eines 12
Vergrößerung 1:1000

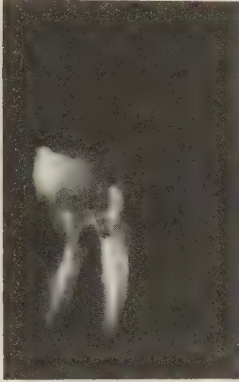


REM-Bild Nr.32: intermediärer
Bereich des Wurzelkanals eines 12
Vergrößerung 1:1000

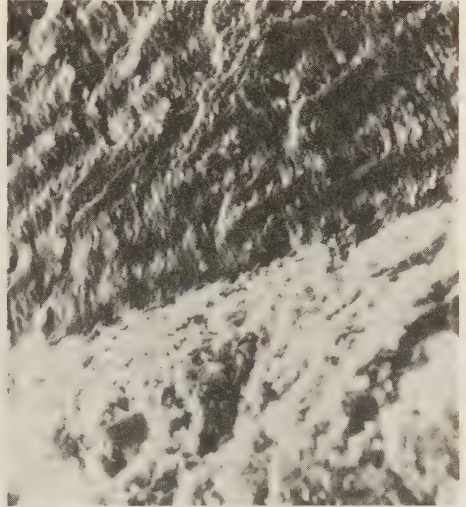


REM-Bild Nr.33: koronaler Bereich
des Wurzelkanals eines 12
Vergrößerung 1:1000

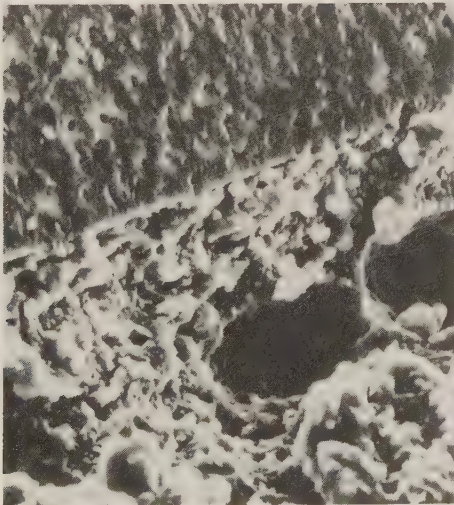
Vergleich zwischen Röntgenbild
und rasterelektronenmikroskopisch
beobachteten Randspaltenbreiten
des Wurzelfüllmaterials Endo -
méthasone anhand des distalen
Kanals eines 47



Röntgenbild eines 47:
Wurzelkanalfüllung mit
Endométhasone



REM-Bild Nr.34: apikaler Bereich
des distalen Wurzelkanals eines 47
Vergrößerung 1:1000

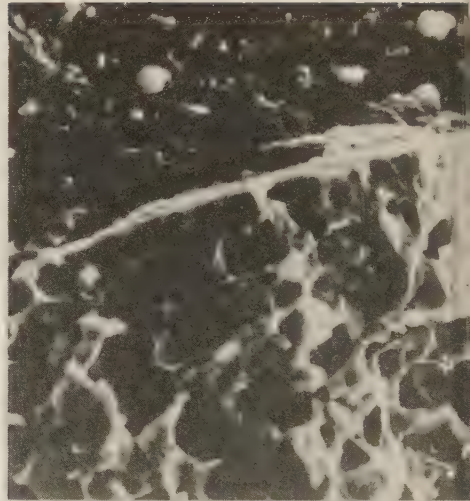


REM-Bild Nr. 35: koronaler
Bereich des distalen Wurzel-
kanals eines 47
Vergrößerung 1:1000

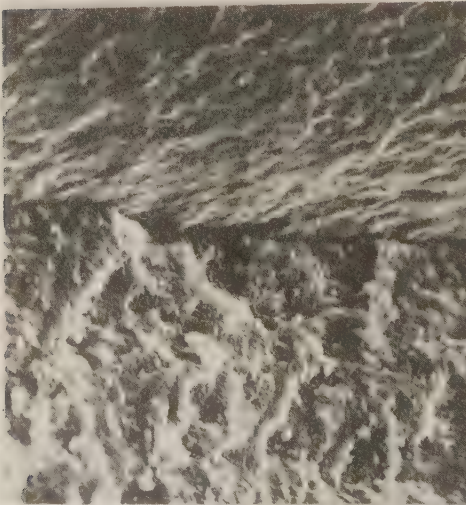
Vergleich zwischen Röntgenbild und rasterelektronenmikroskopisch beobachteten Randspaltenbreiten des Wurzelfüllmaterials Harvard-Zement anhand des palatinalen Wurzelkanals eines 27



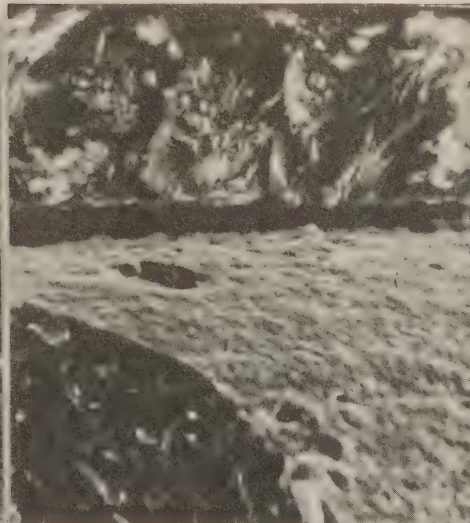
Röntgenbild eines 27:
Wurzelfüllung mit Harvard-
Zement



REM-Bild Nr.36: koronaler Bereich
des palatinalen Kanals eines 27
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.37: intermediärer
Bereich des palatinalen Kanals eines
27
Vergrößerung 1:1000

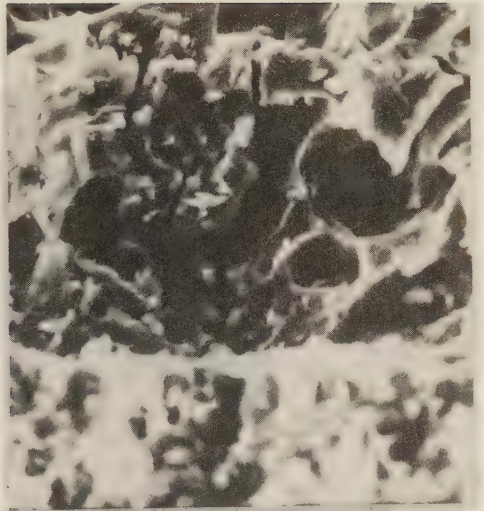


REM-Bild Nr.38: koronaler Be-
reich des palatinalen Kanals
eines 27
Vergrößerung 1:1000

Vergleich zwischen Röntgen-
bild und rasterelektronen -
mikroskopisch beobachteten
Randspaltenbreiten des Wur-
zelfüllmaterials Harvard-
Zement anhand des Wurzel-
kanals eines 22



Röntgenbild eines 22:
Wurzelfüllung mit Harvard-
Zement



REM-Bild Nr.39: apikaler Bereich des
Wurzelkanals eines 22
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.40: intermediärer Bereich
des Wurzelkanals eines 22
Vergrößerung 1:1000



REM-Bild Nr.41: apikaler Bereich des disto-
vestibulären Wurzelkanals eines 27 -
jährigen Patienten
Wurzelfüllmaterial: Gangraena-Merz
Vergrößerung 1:1000
(Bruch eines KERR-Räumers: heller Bereich des
Bildes)

8. Literaturhinweise

1. BÖCKMANN G., ROTTKE, R., und STROTHMANN, W.: Untersuchungen über die Porosität von erhärtenden Wurzelfüllmaterialien
Dtsch. Zahnärzteblatt 10, 527 (1956)
2. BÖCKMANN G., ROTTKE, R., und STROTHMANN, W.: Abschließende Untersuchungen über die Wandständigkeit von erhärtenden Wurzelkanalfüllmaterialien
Dtsch. Zahnärzteblatt 11, 75 (1957)
3. CRAIG, R.G., and PEYTON, F.A.: Physical properties of stainless steel endodontic files and reamers
Oral Surg. 16, 206 (1963)
4. CUNNINGHAM, J.: The seal of root fillings apicectomy
Brit. dent. J. 139, 430 (1975)
5. EULER, H.: Kritische Bemerkungen zur Behandlung gangränöser Zähne
Dtsch. zahnärztl. Z. 3, 158 (1948)
6. EULER, H.: Wurzelbehandlung und Kanalwand
Öst.Z. Stomat. 50, 291 (1953)
7. FISCHER, C-H., und SCHAPER, U.: Die Wurzelkanalbehandlung bei nicht infiziertem Wurzelkanal
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1729 (1957)
8. FISCHER, C-H.: Kritik zur Aufbereitung und Abfüllung des Wurzelkanals
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 29, 32 (1958)
9. FISCHER, C-H.: Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung des Wurzelkanals bei Pulpanekrose und Parodontitis apicalis chronica
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 1114 (1965)
10. FISCHER, C-H.: Endodontie (Grundlagen, Überlegungen, Richtlinien)
Quintessenz 2, Ref.Nr. 4511, 39 (1972)

11. FROMME, H.G., RIEDEL, H., und VAHL, J.: Beobachtungen zum Gefügeaufbau der Zahnhartsubstanzen mit Hilfe des Raster-Elektronen-Auflichtmikroskopes
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 395 (1967)
12. FROMME, H.G., GUTZEIT, R., und RIEDEL, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der mechanischen und chemischen Wurzelkanalaufbereitung, sowie zur Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 865 (1970)
13. GROSSMANN, L.I.: Lehrbuch der modernen Wurzelbehandlung
Medica-Verlag, Stuttgart-Wien-Zürich-Amsterdam 1968
14. GULDENER, P.H.A.: Endodontie (Sammelreferat.)
Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde 4, 88 (1978)
15. HARNDT, E.: Histologische und bakteriologische Grundlagen für die Behandlung gangränöser Wurzelkanäle
Dtsch. zahnärztl. Z. 3, 81 (1948)
16. HARNDT, R., und KAUL, A.: Untersuchungen über den Verbleib des Bleies im Wurzelkanalfüllmaterial N₂
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 580 (1973)
17. HAUNFELDER, D.: Instrumente und Methoden zur Aufbereitung des Wurzelkanals
Dtsch. Zahnärztekalendar, C. Hanser, München 1958
18. HESS, W.: Erkrankungen des Parodontiums apikale - Klinik und Therapie. In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Bd. 2. Hrsg. K. Häupl, W. Meyer, K. Schuchart; Urban u. Schwarzenberg Verlag, München - Berlin 1955
19. HEUSER, H.: Die endgültige Abfüllung des Wurzelkanals
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1662 (1955)

20. HOOB, M.E.: Endodontische Mißerfolge durch ungeeignete Behandlungstechnik
Quintessenz Heft 7, RefNr. 5276 (1975)
21. HOEFIG, W.: Wurzelfüllmaterialien
ZWR 22, 999 (1979)
22. JUNG, T.: Die Röntgenaufnahme - Stütze für Diagnose und Therapie
Quintessenz Heft 4. Ref.Nr. 5009 (1974)
23. KETTERL, W.: Die Längenmessung des Wurzelkanals
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 466 (1977)
24. KNAPPWOST, A.: Kapillare Spaltbildung unserer plastischen Füllungsmaterialien als Ursache der hohen Sekundärkariesfrequenz
Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 602 (1951)
25. KOMRSKA, J.: Struktura a vlastnosti dentalnich materialu I (Struktur und Eigenschaften von Dentalmaterialien I. Teil (deutsche Zusammenfassung)).
Stomat. Zpravy 17, 67 (1974)
26. KRÖNCKE, A.: Problematik der erhärtenden Wurzelfüllmaterialien
Zahnärztl. Rdsch. 62, 401 (1953)
27. KRÖNCKE, A.: Problematik der erhärtenden Wurzelfüllmaterialien (Experimentelle Studien)
Zahnärztl. Rdsch. 62, 417 (1953)
28. KRÖNCKE, A.: Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung des Wurzelkanals bei Pulpanekrose und Parodontitis apicalis chronica
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 1125 (1965)
29. KRÖNCKE, A.: Die Wurzelwand nach der mechanischen Aufbereitung
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 321 (1975)

30. KRÖNCKE, A., und KONOPELSKI, J.: Die Wurzelkanalwand nach Bearbeitung mit verschiedenen Instrumenten
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 157 (1979)
31. MAEGLIN, B.: Die Aufbereitung des infizierten Wurzel - kanals
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen, H B C. Hanser, München 1951
32. MAYNE, J.R.: American techniques in endodontia
Aust. dent. J. 4, 250 (1959)
33. McCOMB, D., SMITH, D.C.: A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic pro - cedure
J. Endodont. 1, 238 (1975)
34. MELKOVA, V., SMUTNA, V. und ODEHNAL, F.: Das elektronen- mikroskopische Bild der Wand des infizierten Wurzelkanals
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 1283 (1965)
35. MIZRAKI, S.J., und TUCHER, J.W.: A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endo - dontic instruments
J. Endodont. 1, 324 (1975)
36. MOODNIK, R.M., LEVEY, M.H., BESEN, M.A., and BORDEN, N.G.: Retrograde amalgam filling. A scanning electron microscopic study
J. Endodont. 1, 28 (1975)
37. MOODNIK, M. R.: Efficacy of biochemical instrumentation: a scanning electron microscopic study
J. Endodont. 2, 261 (1976)
38. NICHOLLS, E.: The efficacy of cleansing the root canal
Brit. dent. J. 112, 167 (1962)
39. ØSTBY NYGARD, B.: Übersicht über die endodontische Literatur aus dem englischsprachigen und skandinavischen Schriftum 1956 - 1957
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 643 (1960)

40. PICHLER, H.: Die quantitative Seite des Problems der Wurzelbehandlung
Öst. Z. Stomat. 28, 279 (1930)
41. PLATHNER, C.H.: Ist die Behandlung des gangränösen Wurzelkanals erfolgreich durchzuführen ?
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1638 (1955)
42. RIEDEL, H.: Der pulpatote wurzelbehandelte Zahn als Stützpfiler
Zahnärztl. Mitt. 58, 551 (1968)
43. RIEDEL, H., und VAHL, L.: Experimentelle Untersuchungen über neuzeitliche Füllungsmaterialien mit Hilfe des Raster-Elektronenmikroskopes
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 476 (1967)
44. ROST, A.: Vergleichende experimentelle Untersuchungen über die Durchlässigkeit verschiedener Wurzelfüllmaterialien
Zahnärztl. Rdsch. 8, 294 (1958)
45. SCHANDERT, F.: Untersuchungen über die Aufbereitung von Wurzelkanälen mit Kerr-Erweiterern
Med. Diss. Erlangen 1973
46. SCHILDER, H.: Filling root canals in three dimensions
Dent. Clin. North. Am. 11, 723 (1967)
47. SCHILDER, H.: Cleaning and shaping of root canals
Dent. Clin. North. Am. 18, 269 (1974)
48. SCHROEDER, A.: Zum Problem der bakteriendichten Wurzelkanalversorgung
Zahnärztl. Welt 58, 531 (1957)
49. SCHROEDER, A.: Zur Frage der sogenannten totalen Wurzelkanalabfüllung nach Gangränbehandlung
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 348 (1957)

50. SCHUBERT, L.: Über die Gewebeverträglichkeit einiger Kunstharz-Wurzelfüllmittel
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 267 (1954)
51. SPRETER V. KREUDENSTEIN, Th., und KAYSER, H.W.:
Experimentelle und klinische Untersuchungen mit P^{32}
Über die Flüssigkeitspassage in gefüllten Wurzel -
kanölen
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 1377 (1954)
52. SVEJDA, J., BRAZDA, O.: Wurzelkanalfüllung nach Wur -
zelspitzenresektion im Rasterelektronenmikroskop
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 293 (1978)
53. TRAUNER, R.: Die Wurzelkanalfüllung
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen, H 8.
C. Hanser, München 1951
54. TRAUVER, R., MÖSE, J., und WÄCHTER, R.: Zum Problem
der Behandlung periapikaler Entzündungsherde über
pulpainfizierten Zähnen
Öst. Z. Stomat. 48, 537, 573 (1951)
55. TSCHAMER, H.: Experimentelle Untersuchungen über
die Möglichkeiten, Grenzen und Probleme der mecha -
nischen Wurzelkanalaufbereitung mit den gebräuchlichen
Aufbereitungsinstrumenten unter besonderer Berück -
sichtigung der apikalen Verhältnisse
Zahnärztl. Welt 62, 411, 444, 474 (1961)
56. UHLIG, H.: Untersuchungen über die Wandständigkeit
von Wurzelfüllmaterialien
Med. Diss., Münster 1956
57. WANNENMACHER, E.: Die Wurzelkanalfüllung
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen, H 8,
C. Hanser, München 1951

58. WANNENMACHER, E.: Versuche über Desinfektion und dichte Ausfüllung der Wurzelkanäle
Öst. Z. Stomat. 51, 393 (1954)
59. WIESMANN, E.: Medizinische Mikrobiologie. Kurzgefaßtes Lehrbuch
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3.Aufl., 5 (1974)
60. WILMER, H.: Untersuchung über die Wirkung instrumenteller und instrumentell-chemischer Aufbereitungsarten auf das Wurzelkanalwanddentin gangränöser Zähne
Dtsch. Zahnärztebl. 13, 141 (1969)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof.Dr.Dr. H.H. Grasser für die Vergabe des Themas danken. Bei meinem Kollegen Herrn Dr.Dr. H.H. Barth bedanke ich mich für die tat -
kräftige Unterstützung während des Fortganges der Ar -
beit.

Herrn Prof.Dr. R. Wetzstein möchte ich für die freund -
liche Aufnahme an seinem Institut und die zur Verfügungs -
stellung des Rasterelektronenmikroskopes meinen Dank
aussprechen. Frau Hildebrandt und Herrn Grosse schulde
ich Dank für die technische Betreuung am Elektronen -
mikroskop.

Für die Aufnahme am Institut der Rechtsmedizin und die
Benutzungserlaubnis des Kontron-Planimeters danke ich
dem Dekan der medizinischen Fakultät, Herrn Prof. Dr.
W. Spann und Herrn Dr. M. Schuck.

Der kieferchirurgischen Ambulanz der Klinik für Zahn-,
Mund- und Kieferkrankheiten der Universität München,
insbesondere Fr. Dr. M. Hamm, spreche ich meinen Dank
aus für die hilfreiche Unterstützung bei der Durch -
führung der Arbeit.

Lebenslauf

5. April 1950 geboren in Ravensburg
Vater: Matthias Auchter, Oberpfleger
Mutter: Anna Auchter, geb. Hirsch

1956 Volksschule Weißenau

1961 Neues Gymnasium Ravensburg

1969 Abitur

1969 Wehrdienst in der Bundeswehr

1971 Beendigung des Wehrdienstes als Offizier d.R.

1971 Beginn des medizinischen Studiums an der Ludwig-
-Maximilians-Universität zu München

1972 Naturwissenschaftliche Vorprüfung

1974 Ärztliche Vorprüfung

1975 1. medizinisches Staatsexamen

1977 2. medizinisches Staatsexamen

1977 Internatsjahr in der 1. chirurgischen Klinik
Augsburg, der 2. Universitätsfrauenklinik München
und dem städtischen Krankenhaus München-Schwabing

1977 Immatrikulation für das Studium der Zahnmedizin

1978 3. medizinisches Staatsexamen

1978 Approbation als Arzt

1978 Promotion zum Doktor der Medizin. Titel der Ar -
beit: Standardisierung und Prüfung eines schnellen
und billigen Verfahrens zur direkten radioimmuno -
logischen Bestimmung von Cortisol in Plasma oder
Serum ohne Extraktion

1978 Beginn des vorklinischen Studiums der Zahnmedizin

1979 Ernennung zum Stabsarzt d.R.

1980 Abschluß des klinischen Studiums der Zahnmedizin
und Beginn eines Dissertationssemesters

1981 zahnmedizinisches Staatsexamen

1981 Bestellung als Zahnarzt

1981 Tätigkeit in der Abteilung für Zahnerhaltung und
Parodontologie der Universität München
Direktor: Prof.Dr.E.Sonnabend

